

Aus der Kieferorthopädischen Abteilung (Leiter: Priv.-Doz. Dr. Nawrath)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Direktor: Prof. Dr. F. Jung

Die Strahlenbelastung des Kindes bei Aufnahmen mit dem Spezial-Röntgen-Gerät Panoramix

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines
Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz/Rhein

vorgelegt von

Rolf Endris
aus Tokio

MAINZ 1965



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554405_0072

Aus der Kieferorthopädischen Abteilung (Leiter: Priv.-Doz. Dr. Nawrath)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Direktor: Prof. Dr. F. Jung

Die Strahlenbelastung des Kindes bei Aufnahmen mit dem Spezial-Röntgen-Gerät Panoramix

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines
Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz/Rhein

vorgelegt von

Rolf Endris
aus Tokio

MAINZ 1965



Dekan : Professor Dr. Borneff

Referat : Privat-Dozent Dr. Nawrath

Korreferat: Professor Dr. Diethelm

INHALTSANGABE

I.	Zum Thema.....	1
II.	Bisherige Mitteilungen über die Strahlen- dosen bei Aufnahmen mit dem Panoramix- Röntgen-Gerät.....	1
III.	Eigene Untersuchungen.....	4
IV.	Tabellen über die Versuchsergebnisse.....	14
V.	Besprechung der Versuchsergebnisse.....	38
VI.	Statistische Auswertung.....	46
VII.	Zusammenfassung.....	56
VIII.	Literaturübersicht.....	57

I. Zum Thema

Vor Aufstellung eines kieferorthopädischen Behandlungsplanes ist in jedem Falle die röntgenologische Darstellung der Zahn- und Kieferregionen erforderlich. Die Aussage des Röntgenbildes erstreckt sich auf die Beurteilung der Zahnkrone und seiner Wurzel, die Zahl und den Entwicklungsgrad der im Kiefer befindlichen Zähne, sowie auf ihre Position und den jeweiligen Achsenverlauf. Auch aus forensischen Gründen ist die Röntgenkontrolle unerlässlich. Sie wird in den meisten Fällen durch die Auswertung des sogenannten Zahn-Röntgen-Status durchgeführt. Ein Zahn-Status besteht aus 6 - 11 intraoralen Röntgen-Aufnahmen des Bildformates 3 X 4 cm.

Im letzten Jahrzehnt wurden durch röntgentechnische Neuerungen Möglichkeiten geschaffen, den gesamten Gebiß- und Kieferbereich landkartenartig auf einem Film darzustellen. Von deutschen Firmen werden seit einigen Jahren zwei Gerätetypen angeboten. Eines der Geräte (Orthopantomograph) funktioniert nach dem Prinzip des Schichtverfahrens; das andere beleuchtet aus der Mundhöhle heraus je einen extraoral den Weichteilen des Ober- und Unterkiefers angelegten Film. Die herstellende Firma nennt das Gerät: Panoramix-Gerät.

Wie bei jeder Röntgenaufnahme die Strahlendosisbelastung von Bedeutung ist, taucht bei neuartigen Geräten mit veränderter Wirkungsweise die Frage der Strahlenbelastung für den Patienten auf. Im besonderen Maße gewinnt die Frage an Bedeutung, wenn die Röntgen-Exposition bei jugendlichen Patienten erfolgt.

Nachdem an der Zahn-, Mund- und Kieferklinik Mainz mit beiden Geräten die aufnahme- und bildtechnischen Vorteile geprüft worden waren, sollte die Frage der Strahlendosisbelastung untersucht werden. Im Rahmen der vorgesehenen Kontrolle wurde mir die Anregung gegeben, die Dosisbelastung bei Aufnahmen mit dem Panoramix-Gerät zu messen.

II. Schrifttum

Die Mitteilungen vorangegangener Publikationen beziehen sich zum Teil auf Angaben der Herstellerfirmen oder auf Messungen, die am Phantom durchgeführt wurden.

So schreibt Setz, D. (18): "... Die Strahlenbelastung des Patienten ist minimal. Nach Angabe der Herstellerfirma beträgt die Oberflächenbelastung in der Mundhöhle nur ca. 2,5 r pro Einstellung. " Und: " ... Für die orthopädische Behandlung ist die Panoramix-Aufnahme schon wegen der geringen Strahlendosis von Vorteil " .

Ähnlich äußern sich Schilli, W. und Witt, E. (28): " ... Besonders in der Kieferorthopädie und Kieferchirurgie ist es nützlich und wichtig, bei geringer Strahlenbelastung Übersichtsbilder der Kiefer zu gewinnen " .

Nach Messungen von Jung, T. und Lohmann, T. (9) sind die Expositionsdosen niedrig. Auf der Außenfläche der gläsernen Schutzhaube betrug bei Verwendung von folienlosem Film die Dosis pro Aufnahme nur 0,6 r. Für die Dosen - größen in der Mundhöhle geben sie an: " ... Ohne Verstärkungsfolien wird an der Gaumenschleimhaut eine Maximaldosis von 1,2 r bis 1,8 r, auf dem Zungenrücken eine solche von 0,9 r bis 1,3 r appliziert. Werden die Auf - nahmen mit feinzeichnenden Verstärkungsfolien angefertigt, so wird eine Dosisreduktion auf etwa $1/8$ erreicht d.h., die Gaumenschleimhaut erhält eine Dosis von 0,15 bis 0,23 r und der Zungenrücken eine Dosis von 0,11 bis 0,16r " .

Blackmann, S. (9) konnte unter Verwendung von Verstärkerfolien die Dosis bei 2 cm Fokus-Schleimhaut-Abstand sogar auf 240 mr reduzieren (60 KV Röhrenspannung, 0,1 sec. Expositionsdauer, Totalfilterung von 4,0 mm Al).

Auch Pechner, F. (3) betont die geringe Strahlenbelastung: " ... Ein weiterer sehr wesentlicher Vorteil ist die kurze Belichtungszeit und damit die geringe Strahlenbelastung für das Kind. Da in vielen Fällen die Fernröntgenaufnahme

als zusätzliches diagnostisches Hilfsmittel unerlässlich ist, muß jede Möglichkeit genutzt werden, die Belastung für den kindlichen Organismus herabzusetzen ". Bei Lohmann, T. (16) findet man: "... Orientierende Messungen bei Aufnahmen mit feinzeichnenden Folien haben ergeben, daß bei einer Gesamtfilterung von 3,5 mm Al in einem Fo-Haut-Abstand von 2 cm eine Dosis von ca. 0,05 r auftritt " .

Über Meßergebnisse, die an Patienten gewonnen wurden, erfahren wir von Sonnabend (23), daß beim Panoramix für Oberkiefer und Unterkiefer maximal je 0,475 mr (minimal 0,001) im Bereich der Keimdrüsen gemessen wurden.

Wie man sieht, stimmen die im Schrifttum angegebenen Werte nicht überein. Es fehlen auch spezielle Angaben über Dosiswerte am kindlichen Organismus sowie Werte über Hautoberflächendosen im Bereiche des Kopfes und Halses.

Gerade die besondere Konstruktion des Panoramix-Gerätes mit einer enoral applizierten Strahlungsquelle macht Untersuchungen über die Dosisverteilung in der Nähe des Rückenmarkes, der Orbita oder der Lymphregionen notwendig. Außerdem erscheint es wünschenswert, über mögliche Abhängigkeiten zwischen Gonadendosis und dem Fokus-Gonadenabstand bzw. Körpergröße und-gewicht näheres zu erfahren.

III. Eigene Untersuchungen

Bei 100 Kindern im Alter zwischen 5 und 16 Jahren wurden bei Aufnahmen mit dem Spezial-Röntgen-Gerät Panoramix Hautoberflächendosen im Bereiche des Kopfes und Halses, sowie enoral in den Backentaschen, gemessen. Außerdem sind die Strahlendosen in der Region der Gonaden unter verschiedenen Versuchsbedingungen ermittelt worden.

Bei der Versuchsanordnung und Auswertung kamen folgende Geräte zur Anwendung:

a) Auflade- und Meßgerät (Kondiometer).

Das Kondiometer der PTW Dr. Pychlau KG, Freiburg, stellt ein Vielfachdosimeter dar, das bei unseren Versuchen zur Hautoberflächendosisbestimmung und Gonadendosismessung herangezogen wurde.

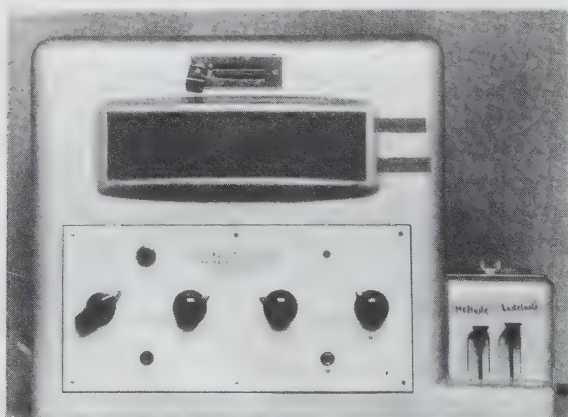


Abb.1 Kondiometer der PTW

Das Gerät dient sowohl als Auflade- als auch als Meßgerät. Zur Aufladung ist es mit einer regelbaren Hochspannungserzeuger-

gung ausgestattet, (für Argonkammern einige 1000 V).

Mit Hilfe dieser Hochspannung werden über eine besondere Lademechanik Kondensatoren aufgeladen. Diese modifizierten Kondensatoren sind die Ionisationskammern.

In seiner Eigenschaft als Meßgerät arbeitet das Kondiometer nach folgenden Prinzip:

Eine unbekannte Spannung, nämlich die einer zu messenden Ionisationskammer, wird durch Kompensation bestimmt und durch ein Galvanometer zur Anzeige gebracht. Die Skala des Galvanometers ist so geeicht, daß man die Meßwerte in Röntgen-einheiten erhält. Der Vorteil dieses Gerätes besteht darin, daß die Ionisationskammern während der Messung völlig unabhängig von Auflade- und Meßgerät sind. Daher waren wir in der Lage, verschiedene Messungen zur gleichen Zeit vorzunehmen.

b) Ionisationskammern (Kondensatorkammern).

Wie der Name Kondensatorkammer bereits zum Ausdruck bringt, handelt es sich bei den Ionisationskammern um Kondensatoren. Die technischen und physikalischen Grundlagen, nach denen die Wirkungsweise der Ionisationskammern erfolgt, sind im Folgenden dargestellt.

In einen kugelförmigen oder zylindrischen, strahlendurchlässigen Behälter ragt eine gegen das Gehäuse mit Bernstein hochisolierte, stabförmige Elektrode. Der restliche Behälter ist mit Luft oder einem Edelgas (Argon, Xenon, Krypton) gefüllt. Die zentrale Mittelelektrode wird an den positiven Pol einer Gleichspannungsquelle gelegt. Der negative Pol ist an das Gehäuse angeschlossen.

Sobald nun bewegte geladene Elementarteilchen oder die von Photonen erzeugten Sekundärelektronen das Medium in der Kammer treffen, rufen sie eine Ionisation hervor. Da sich das Gas (Luft, Argon) in einem elektrischen Feld befindet, so wandern die erzeugten Ionenpaare gemäß ihrer Ladung an die ent-

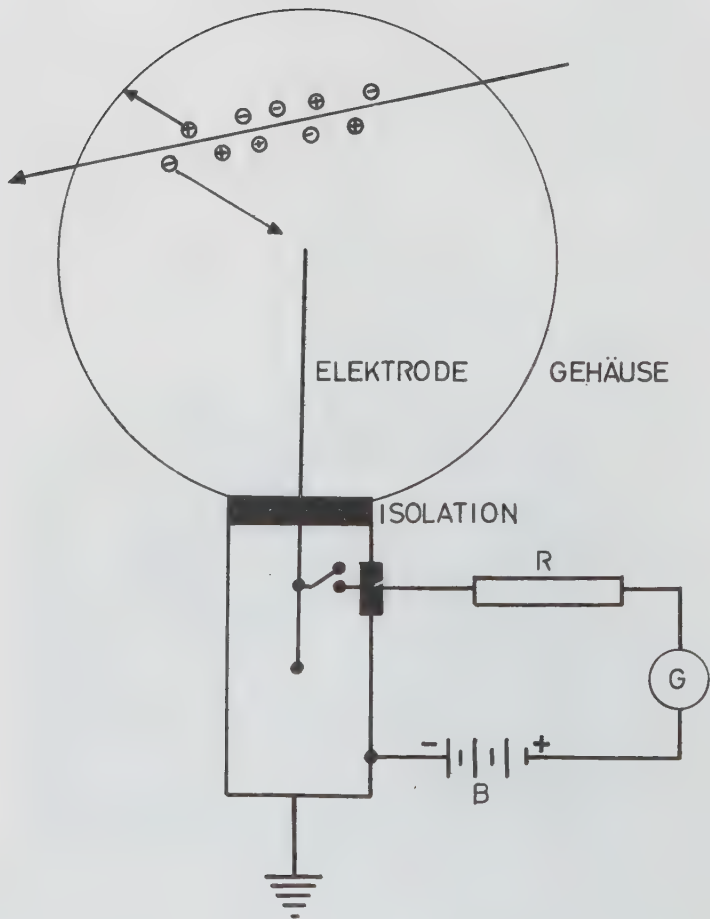


Abb. 2 Schema einer Ionisationskammer

sprechenden Elektroden (neg. Gehäuse oder pos. Zentralelektrode) Als Ladungsträger rufen sie einen elektrischen Strom hervor, der eine Verringerung der ursprünglichen Ladespannung zwischen Mittelelektrode und Gehäuse bewirkt. Die zur Kompensation der Spannungsdifferenz nötige Spannung wird über das hochempfindliche Galvanometer des Meßgerätes angezeigt. Da die Spannungsdifferenz proportional zu der Zahl Ionen ist, die in der Kammer erzeugt wurden, läßt sich somit eine Aussage über die Größe der Strahlendosis machen.

Da bei den verschieden platzierten Kammern zum Teil erhebliche Unterschiede der Strahlendosen zu erwarten sind, hat man die Möglichkeit, für einzelne Meßbereiche spezifische Ionisationskammern anzuwenden.

Die in unserer Versuchsreihe verwendeten Kammern zeigt die Abbildung 3 :

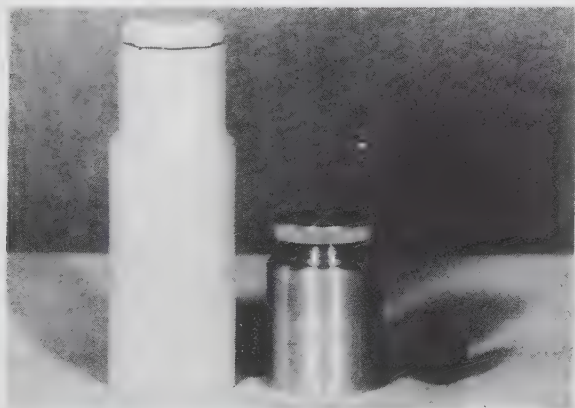


Abb. 3 Verschiedene Ionisationskammern

Eine Zusammenstellung der wichtigsten Daten der verschiedenen Kondiometerkammern gibt die folgende Tabelle:

Kammertyp	Maße in mm	Empfindlichkeit mr/Skt ⁺ µr/Skt	Meßbereich
Zylinder- kammer	45ø x 150	0,04 mr/Skt	0,4 - 20 mr
Kugelk.	10ø	15 mr/Skt	0,2 - 8 r
Argonk.	25ø x 45	2,5 µr/Skt	20 - 1200 µr

c) Spezial-Röntgen-Apparatur Panoramix

Die bei unseren Versuchen verwendete Röntgenapparatur Panoramix der Firma Koch und Sterzel, Essen, weicht in ihrer Konstruktion von der konventionellen Röntgenapparaturanordnung in verschiedenen Punkten ab.

Die physikalischen Besonderheiten dieser Röhre, wie sie Lohmann, T. (16) beschrieben hat, sollen im folgenden kurz besprochen werden.

Bei den herkömmlichen Röntgenröhren treten die Elektronen an einer Glühwendel aus. Bei der Panoramix-Röhre dagegen wird eine Bolzenkathode verwendet. Ein dünnes Metallstäbchen wird an einem Ende auf eine hohe Temperatur gebracht. Dadurch werden Elektronen emittiert, die abgesaugt werden können. Durch diese Art der Kathodenkonstruktion ist man in der Lage, einen extrem kleinen Brennfleck von nur 1/10 mm Durchmesser zu erreichen. Um die Bolzenkathode auf eine bestimmte Temperatur zu bringen, hat man eine Heizspirale um den Metallstab angeordnet, die durch Beschuß von Elektronen die Bolzenkathode auf eine bestimmte Temperatur bringt. Der von der Bolzenkathode ausgehende Elektronenstrahl wird durch einen Wehneltzylinder gebündelt und trifft dann auf eine kegelförmige geerdete Anode. (siehe Abb. 4).

Eine automatische Zentrierereinrichtung sorgt dafür, daß der Brennfleck exakt auf der Spitze des Kegels zu liegen kommt. Der Betrieb der Röhre erfolgt durch einen Spezialapparat, der Hochspannungserzeuger mit Stabilisationsvorrichtung, Schaltpult und Röhrenstativ in sich vereinigt.

Die Röhrenspannung ist in Stufen von je 5 kV zwischen 40 kV

⁺Skt= Skalenteil

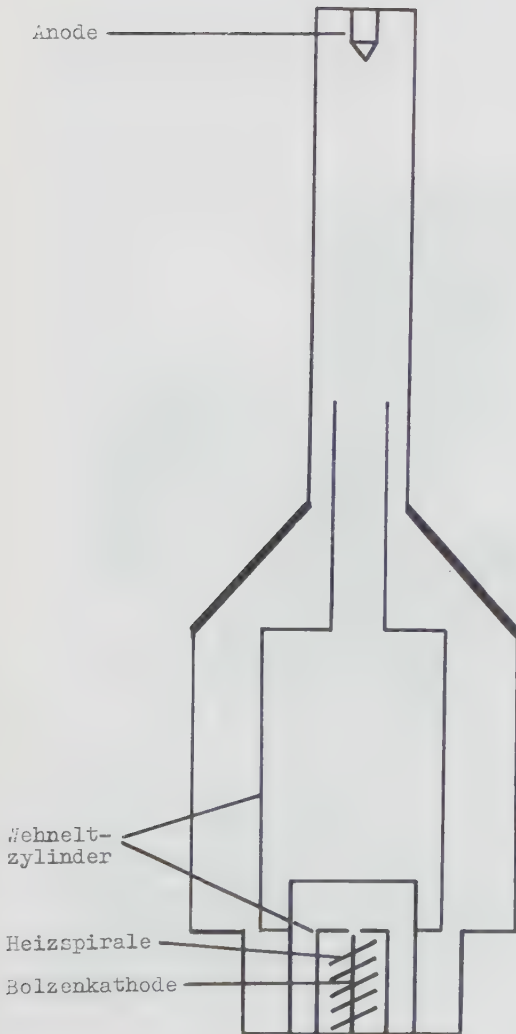


Abb. 4 Panoramax-Röntgen-
Röhre
(Umzeichnung n. Lohmann)

und 80 kV regulierbar. Der Röhrenstrom ist fest eingestellt und beträgt 0,5 mA. Infolge dieses niedrigen Röhrenstromes benötigt man keine Kühlung der Anode. Durch einen elektromechanischen Zeitschalter können die Belichtungszeiten zwischen 0,06 sec. und 2 sec. eingestellt werden.

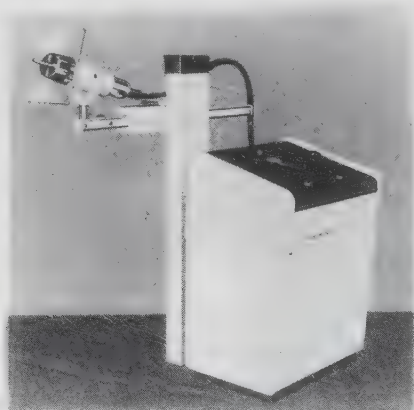


Abb. 5 Panoramix Röntgengerät

Für die Herstellung eines Zahnstatus sind bei dem Panoramix Gerät nur zwei Aufnahmen erforderlich (gegenüber 11 Aufnahmen bei einem Status mit der Röntgenkugel).

Die geerdete Anode (Kegel) ist von einer 2cm dicken und 8cm langen Hülse umgeben. Der Brennfleck liegt 13 mm vom Hülsende entfernt. Da der Kegel der Anode einen Winkel von 270° hat, läßt sich der ungefähre Strahlenbereich abschätzen. Zur Herstellung einer Aufnahme geht man so vor, daß man die Röhre in den Mund des Patienten einführt. Dabei soll sie nach Untersuchungen von Jung, T. (8) so in der Mundhöhle plaziert werden,

daß der Fokus etwa in Höhe der Verbindungslinie der ersten Molaren zu liegen kommt. Außerdem sollte der Fokus stets auf der Median-Sagittal-Ebene angeordnet sein, damit gleiche Voraussetzungen für die Abbildung der beiden Kieferhälften gegeben sind.

Die Neigung der Röhre beträgt etwa 10° nach oben oder unten, je nachdem, ob eine Ober- oder Unterkieferaufnahme gemacht werden soll. Der Film wird von außen angelegt und durch den Patienten gehalten.



Abb. 6 UK-Aufnahme mit dem Panoramix Gerät

Bei unserer Versuchsreihe haben wir ohne Applikator gearbeitet und das Metallrohr aus hygienischen Gründen lediglich mit einem Zungenlöffel versehen.

Während aller Versuche war die Röhrenspannung auf 45KV, der Röhrenstrom konstant auf 0,5 mA eingestellt. Die Expositionsdauer betrug 0,2 sec.

d) Lokalisation der Ionisationskammern

Zur Befestigung der Ionisationskammern am Kopf und Hals der Probanden haben wir einen Stoffgurt hergestellt, der es erlaubt, die Kammern individuell zu justieren und zu fixieren.



Abb. 7 Befestigung der Ionisationskammern

Die über den Kieferhöhlen liegenden Kammern wurden direkt an der Filmkassette befestigt. Zur Messung der enoralen Munddosis haben wir zwei Kugelkammern in die Backentaschen in Gegend der Approximalräume von Prämolaren und erstem Molaren gebracht. Aus hygienischen Gründen waren die Kugelkammern in Gummifingerlingen verpackt worden.

Zur Messung der Gonadendosis haben wir zwei Argonkammern,

die zu diesem Zweck von der Firma PTW konstruiert worden sind, verwendet. Mittels einer elastischen Binde wurde die eine Kammer vor den Testes, die andere hinter den Testes befestigt. Bei den weiblichen Probanden ist lediglich eine Kammer auf dem Schoße befestigt worden. Brustkorb und Schoß des Patienten waren mit einer Bleischürze (Pb: 0,25mm) abgedeckt.

Die folgende Tabelle zeigt das Verteilungsschema der Ionisationskammern:

Laufende Nummer	Kammer Nummer	Lokalisation
1	A 130	vor den Gonaden
2	A 131	hinter den Gonaden
3	A 176	über dem linken Ohr
4	A 177	Kopf hinten, Mitte
5	A 178	über dem rechten Ohr
6	A 180	Hals hinten, Mitte
7	Y 38	Stirn, links
8	Y 51	Stirn, rechts
9	Y 61	über der linken Kieferhöhle
10	Y 62	über der rechten Kieferhöhle
11	Y 67	Unterkieferrand, links
12	Y 81	Unterkieferrand, rechts
13	4256	Backentasche, links
14	4007	Backentasche, rechts

IV. Tabellen über die Versuchsergebnisse.

In den folgenden Ausführungen sind die Versuchsergebnisse in Tabellenform zusammengestellt worden. Zum Verständnis der Tabellen seien folgende Erläuterungen gegeben:

In je einer Tabelle sind die Meßergebnisse von jeweils fünf Probanden eingetragen worden, das Alter ist in Jahren angegeben, das Gewicht in kg und alle Längenmaße in cm.

Die Zahlen 1-14 in der Spalte "Kammeranbringung" bezeichnen die Meßpunkte am Objekt. Die topographische Festlegung der Meßpunkte geht aus der Tabelle auf Seite 13 hervor.

Die Größenordnung der Meßwerte der ersten sechs Kammern (1-6) liegt im Mikroröntgen Bereich. Die Meßwerte der folgenden Kammern (7-14) haben die Größenordnung Milli-röntgen.

Der besseren Vergleichsmöglichkeit wegen erfolgte bei den Angaben im anatomischen Schnittbild eine Umrechnung der Kammerwerte 1-6 in mr.

Im Anschluß an die anatomischen Schnittbilder sind in einer Tabelle statistisch interessierende Werte zusammengefaßt worden.

Für jede einzelne Meßstelle ist der Durchschnittswert, die Varianz, die Standardabweichung und die Standardabweichung des Mittelwertes nach folgenden Gleichungen errechnet worden:

1. Mittelwert : $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$
2. Varianz : $S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$
3. Standard-
abweichung : $S = \sqrt{S^2}$
4. Standard-
abweichung
des MW : $S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$

Vers.Nr.	1	2	3	4	5
Geschlecht	m	m	m	m	m
Alter, (Jahre)	12	11	11	12	14
Größe (cm)	151	153	139	157	157
Gewicht (kg)	39,0	43,0	32,5	43,0	44,5
Fo-Go Abstand (cm)	43,0	58,0	48,0	51,0	48,0
Schädellänge (cm)	17,0	17,0	20,0	19,0	18,0
Schädelbreite (cm)	12,0	14,0	17,0	15,0	15,0
Kammeranbringung					
1	18,20	4,55	9,10	22,75	18,20
2	16,80	4,20	12,60	33,60	25,20
3	212,50	208,25	395,25	80,75	123,25
4	92,00	108,00	108,00	76,00	36,00
5	261,45	340,30	199,20	83,00	211,65
6	124,50	112,05	45,65	53,95	91,30
7	1,140	1,235	0,095	0,190	0,475
8	0,707	1,212	0,101	0,303	0,303
9	5,529	3,589	4,462	3,589	6,596
10	3,604	8,692	5,088	6,042	9,434
11	9,078	7,956	5,304	2,958	8,874
12	8,976	8,364	6,120	4,998	8,058
13	207,70	234,450	160,80	281,40	93,80
14	114,72	215,10	157,74	93,21	121,89

Vers.Nr.	6	7	8	9	10
Geschlecht	w	m	m	m	w
Alter, (Jahre)	10	13	12	9	7
Größe (cm)	135	160	156	138	124
Gewicht (kg)	29,0	68,0	44,5	32,5	23,2
Fo-Go Abstand (cm)	52,0	46,0	51,0	41,0	40,0
Schädellänge (cm)	15,0	20,0	18,0	19,0	16,0
Schädelbreite (cm)	16,0	16,0	15,0	14,0	13,0
Kammeranbringung					
1	63,70	4,55	27,30	36,40	22,75
2	-	12,60	25,20	33,60	-
3	157,25	123,25	752,25	195,50	308,75
4	180,00	52,00	96,00	60,00	72,00
5	273,90	236,55	249,00	257,30	128,65
6	174,30	133,55	132,80	70,55	132,80
7	1,140	0,285	0,285	0,190	0,570
8	1,313	0,303	0,101	0,101	0,303
9	15,005	8,245	10,670	8,924	11,446
10	11,872	13,250	6,784	2,014	17,702
11	6,732	6,222	5,202	4,182	5,406
12	0,816	4,386	4,386	2,142	3,060
13	167,50	201,00	107,20	160,80	308,20
14	229,44	166,42	293,97	207,93	132,27

Vers.Nr.	11	12	13	14	15
Geschlecht	m	w	w	w	m
Alter, (Jahre)	11	12	11	9	13
Größe (cm)	138	149	153	136	140
Gewicht (kg)	29,0	36,0	39,0	35,5	32,0
Fo-Go Abstand (cm)	42,0	45,0	42,0	39,0	45,0
Schädellänge (cm)	18,0	17,0	18,8	17,5	17,0
Schädelbreite (cm)	14,0	14,0	14,5	14,5	15,0
Kammeranbringung					
1	31,85	59,15	63,70	45,50	9,10
2	71,40	-	-	-	12,60
3	144,50	191,25	72,25	242,25	123,25
4	52,00	260,00	260,00	304,00	64,00
5	116,20	493,85	415,00	103,75	390,10
6	95,45	132,80	219,95	385,95	66,40
7	2,280	0,285	0,285	0,475	0,380
8	0,505	0,404	0,404	1,010	0,404
9	16,102	16,199	6,984	9,312	6,205
10	11,554	17,808	13,250	9,010	12,034
11	2,040	3,162	3,978	6,426	3,058
12	1,122	3,162	7,344	7,752	5,015
13	93,80	211,10	127,30	207,7	107,20
14	222,27	200,76	93,21	157,74	156,20

Vers.Nr.	16	17	18	19	20
Geschlecht	m	w	w	m	m
Alter, (Jahre)	8	33	10	10	13
Größe (cm)	135	140	147	145	155
Gewicht (kg)	29,0	32,5	48,0	35,0	36,0
Fo-Go Abstand (cm)	40,0	45,0	42,0	40,0	44,0
Schädellänge (cm)	13,0	17,5	18,8	19,2	13,0
Schädelbreite (cm)	14,0	14,0	14,3	15,8	14,8
Kammeranbringung					
1	103,75	54,00	54,60	18,20	13,65
2	42,00	-	-	12,60	46,20
3	263,50	117,60	357,00	80,75	127,50
4	376,00	120,00	100,00	40,00	169,00
5	199,20	141,10	103,75	58,10	236,55
6	99,60	141,10	53,95	41,50	116,20
7	0,760	0,095	0,095	0,095	0,380
8	0,909	0,202	0,202	0,101	0,606
9	10,070	16,102	13,483	14,259	12,028
10	12,084	6,466	16,642	2,438	17,808
11	7,038	2,346	1,938	3,366	10,710
12	6,780	6,120	2,652	2,346	8,670
13	207,7	194,30	649,90	261,30	120,60
14	243,78	329,82	530,58	301,14	222,27

Vers.Nr.	21	22	23	24	25
Geschlecht	w	m	w	w	w
Alter, (Jahre)	8	11	10	6	9
Größe (cm)	133	145	140	132	148
Gewicht (kg)	30,0	31,2	29,5	29,0	32,5
Fo-Go Abstand (cm)	42,0	44,0	40,0	38,0	50,0
Schädellänge (cm)	18,0	18,0	17,5	18,0	18,0
Schädelbreite (cm)	14,0	14,0	15,0	14,0	13,0
Kammeranbringung					
1	45,50	31,85	27,30	13,65	4,55
2	-	37,80	-	-	-
3	395,25	323,00	242,25	38,25	17,00
4	72,00	160,00	40,00	8,00	4,00
5	149,40	336,15	124,50	70,55	62,25
6	53,95	49,80	8,30	4,15	4,15
7	0,475	0,475	0,285	0,190	0,285
8	0,303	0,505	0,303	0,202	0,101
9	16,587	10,961	10,185	7,857	6,111
10	18,020	6,784	10,918	8,692	4,982
11	1,530	2,448	2,040	1,224	1,632
12	3,672	1,224	2,346	1,938	1,734
13	455,60	341,70	127,30	214,40	288,10
14	580,77	293,97	179,25	258,12	279,63

Vorm.Nr.	26	27	28	29	30
Geschlecht	w	w	m	w	w
Alter, (Jahre)	14	12	9	10	9
Größe (cm)	166	167	143	143	125
Gewicht (kg)	55,0	51,0	38,0	28,0	26,0
Fo-Go Abstand (cm)	47,0	46,0	46,0	42,0	42,0
Schädellänge (cm)	15,0	18,0	19,0	17,5	15,0
Schädelbreite (cm)	17,0	15,0	15,0	16,0	14,0
Kammeranbringung					
1	118,30	50,05	36,40	54,60	118,30
2	-	-	46,20	-	-
3	170,00	216,75	63,75	127,50	323,00
4	192,900	56,00	60,00	48,00	116,00
5	99,60	53,95	66,40	282,20	236,55
6	103,75	83,00	87,15	91,30	120,35
7	0,095	0,190	0,285	0,190	0,475
8	0,101	0,101	0,101	0,606	0,505
9	2,716	2,716	6,790	5,723	7,469
10	2,650	2,862	8,056	6,466	6,890
11	3,876	2,754	3,162	5,712	3,264
12	4,284	3,876	2,958	6,834	3,672
13	341,70	207,70	180,90	234,50	408,70
14	322,65	136,23	207,93	207,93	501,90

Vers.Nr.	31	32	33	34	35
Geschlecht	w	w	w	m	w
Alter, (Jahre)	10	11	11	10	7
Größe (cm)	129	137	153	140	116
Gewicht (kg)	27,5	30,0	35,5	30,0	41,0
Fo-Go Abstand (cm)	41,0	38,0	37,0	41,0	36,0
Schädellänge (cm)	18,0	18,0	18,0	18,0	17,0
Schädelbreite (cm)	14,0	14,0	14,0	14,0	13,0
Kammeranbringung					
1	54,60	91,00	72,80	91,00	72,80
2	-	-	-	33,60	-
3	208,25	289,00	289,00	233,75	242,00
4	80,00	76,00	44,00	36,00	172,00
5	70,55	452,32	87,15	481,40	124,50
6	66,40	87,15	83,00	87,15	132,80
7	0,190	0,095	0,190	0,095	0,760
8	0,202	0,303	0,303	0,101	0,707
9	8,342	11,446	8,439	4,365	12,519
10	8,162	11,342	9,328	4,028	12,402
11	4,386	2,550	3,774	4,590	12,240
12	4,692	2,244	2,142	4,896	12,138
13	134,00	308,20	261,30	127,30	422,10
14	193,59	222,27	215,48	121,89	408,69

Vers.Nr.	36	37	38	39	40
Geschlecht	w	w	m	m	m
Alter, (Jahre)	8	9	9	9	9
Größe (cm)	132	134	138	128	141
Gewicht (kg)	30,5	26,5	29,0	24,3	37,0
Fo-Go Abstand (cm)	36,0	42,0	44,0	40,0	45,0
Schädellänge (cm)	17,0	17,0	18,0	16,0	18,0
Schädelbreite (cm)	14,0	14,0	15,0	13,0	15,0
Kammeranbringung					
1	68,25	81,90	136,50	59,15	50,50
2	-	-	16,80	33,60	33,60
3	161,50	76,50	127,50	161,50	68,00
4	32,00	40,00	56,00	40,00	68,00
5	132,80	149,40	116,20	444,05	66,40
6	45,65	116,20	70,55	87,15	87,15
7	0,380	0,190	0,095	0,095	0,285
8	0,303	0,101	0,101	0,101	0,101
9	6,499	5,917	8,342	4,628	6,790
10	5,406	8,586	9,222	4,876	6,819
11	7,650	6,324	9,180	4,386	3,468
12	4,386	6,936	8,262	4,794	2,346
13	234,50	361,80	154,10	227,80	415,40
14	293,97	437,37	193,59	301,14	415,68

Vers.Nr.	41	42	43	44	45
Geschlecht	m	m	w	m	w
Alter, (Jahre)	11	10	9	10	8
Größe (cm)	146	145	133	141	138
Gewicht (kg)	29,8	33,0	25,8	31,5	31,0
Fo-Go Abstand (cm)	43,0	41,0	41,0	40,0	41,0
Schädellänge (cm)	18,0	19,0	16,0	17,0	17,0
Schädelbreite (cm)	15,0	16,0	13,0	14,0	15,0
Kammeranbringung					
1	31,85	22,75	59,15	50,05	126,00
2	33,60	4,20	-	33,60	-
3	318,75	85,00	89,25	127,50	318,75
4	160,00	44,00	40,00	204,00	164,00
5	327,85	70,55	132,80	136,95	132,80
6	145,25	53,95	124,50	120,35	145,25
7	0,475	0,475	0,285	0,475	0,380
8	0,606	0,303	0,202	0,404	0,505
9	10,864	12,706	13,483	11,543	6,305
10	11,130	13,038	14,204	11,766	5,512
11	11,628	13,566	5,508	6,426	2,958
12	12,138	12,444	6,834	6,018	2,856
13	154,10	314,90	448,90	261,30	294,80
14	136,23	380,01	523,41	301,14	372,84

Vers.Nr.	46	47	48	49	50
Geschlecht	m	m	w	m	w
Alter, (Jahre)	15	8	8	10	7
Größe (cm)	158	126	130	136	127
Gewicht (kg)	45,0	25,0	28,0	30,0	26,0
Fo-Go Abstand (cm)	43,0	32,0	36,0	47,0	45,0
Schädellänge (cm)	17,0	17,0	18,0	17,0	16,0
Schädelbreite (cm)	15,0	14,0	13,0	15,0	14,0
Kammeranbringung					
1	50,05	50,05	42,00	36,40	42,00
2	37,80	50,40	-	50,40	-
3	144,50	72,25	170,00	297,50	148,75
4	80,00	56,00	48,00	68,00	56,00
5	49,80	78,85	294,65	336,15	170,15
6	66,40	83,00	78,85	219,95	83,00
7	0,190	0,285	0,570	0,285	1,140
8	0,202	0,606	0,606	0,505	0,606
9	1,455	5,335	12,804	6,402	12,804
10	1,696	5,194	13,144	5,512	14,310
11	1,938	3,468	6,426	2,244	10,914
12	2,046	2,958	6,324	1,224	10,404
13	194,32	247,90	247,90	201,00	348,40
14	222,27	229,44	308,31	186,42	451,71

Vers.Nr.	51	52	53	54	55
Geschlecht	m	w	m	w	w
Alter, (Jahre)	10	9	11	8	9
Größe (cm)	143	140	137	139	139
Gewicht (kg)	36,0	30,5	27,0	37,5	33,0
Fo-Go Abstand (cm)	47,0	41,0	47,0	44,5	40,5
Schädellänge (cm)	18,0	17,0	18,0	17,0	18,5
Schädelbreite (cm)	14,0	14,0	13,0	14,0	15,0
Kammeranbringung					
1	81,90	67,20	86,45	46,20	50,40
2	46,20	-	113,40	-	-
3	242,25	174,25	153,00	72,25	123,25
4	128,00	52,00	128,00	52,00	80,00
5	186,75	215,80	269,75	174,30	99,60
6	91,30	128,65	199,20	128,65	132,80
7	0,575	0,475	0,475	0,570	0,380
8	0,202	0,404	0,303	0,404	0,404
9	5,917	7,081	2,231	7,275	11,640
10	5,512	6,148	2,650	6,996	11,448
11	5,202	6,222	1,938	2,958	1,732
12	5,100	6,018	1,224	1,530	1,326
13	160,80	120,60	221,10	462,30	120,60
14	164,91	114,72	222,27	537,75	114,72

Vers.Nr.	56	57	58	59	60
Geschlecht	m	w	w	m	m
Alter, (Jahre)	15	13	8	8	13
Größe (cm)	159	157	133	136	151
Gewicht (kg)	50,0	44,5	28,0	33,0	40,0
Fo-Go Abstand (cm)	41,0	52,0	41,0	38,0	44,0
Schädellänge (cm)	19,0	19,0	17,5	19,0	18,0
Schädelbreite (cm)	14,0	15,0	14,0	15,0	15,0
Kammeranbringung					
1	72,80	58,80	42,00	27,30	36,40
2	71,40	-	-	25,30	46,20
3	123,25	102,00	106,25	170,00	144,50
4	80,00	148,00	48,00	76,00	76,00
5	99,60	78,85	107,90	107,90	174,30
6	132,80	302,95	195,05	124,50	120,35
7	0,380	0,095	0,855	0,665	1,140
8	0,404	0,101	0,505	0,606	1,111
9	11,640	8,924	9,215	11,155	4,171
10	11,448	9,116	11,130	10,812	4,876
11	1,734	1,836	2,142	1,938	3,366
12	1,326	1,122	1,836	1,836	2,449
13	120,60	448,90	576,10	187,60	314,90
14	114,72	516,24	559,26	215,10	365,67

Vers.Nr.	61	62	63	64	65
Geschlecht	w	m	m	m	w
Alter, (Jahre)	9	12	13	13	10
Größe (cm)	136	147	153	165	125
Gewicht (kg)	28,0	37,0	39,0	53,0	24,0
Fo-Go Abstand (cm)	43,0	46,0	43,0	52,0	36,0
Schädellänge (cm)	17,0	19,0	18,0	19,0	17,0
Schädelbreite (cm)	14,0	15,0	14,0	15,0	14,0
Kammeranbringung					
1	88,20	18,20	31,85	91,00	59,15
2	-	12,60	37,80	100,80	-
3	340,00	318,75	144,50	127,50	301,75
4	52,00	40,00	36,00	88,00	64,00
5	261,45	514,60	136,95	286,35	282,20
6	132,80	136,95	45,65	145,25	95,45
7	1,615	1,520	0,285	0,190	0,380
8	1,414	1,113	0,202	0,202	0,606
9	4,656	8,148	1,940	2,328	4,074
10	4,876	8,586	1,272	3,392	4,982
11	3,774	6,732	0,816	1,326	1,122
12	2,346	5,100	0,612	1,938	0,918
13	201,00	435,50	308,20	93,80	422,10
14	207,93	415,86	279,63	121,89	423,03

Vers.Nr.	66	67	68	69	70
Geschlecht	m	m	m	w	w
Alter, (Jahre)	16	6	5	9	9
Größe (cm)	179	125	106	124	141
Gewicht (kg)	61,5	23,5	17,0	23,0	33,0
Fo-Go Abstand (cm)	62,0	35,0	31,0	36,0	39,5
Schadellänge (cm)	19,0	15,0	13,0	13,0	13,0
Schadelbreite (cm)	15,0	17,0	19,0	17,0	19,0
Kammeranbringung					
1	31,85	50,05	40,95	100,80	50,40
2	25,20	75,60	42,00	-	-
3	63,75	144,50	301,75	357,00	229,50
4	40,00	72,00	52,00	60,00	60,00
5	365,20	249,00	473,10	311,25	153,55
6	166,00	99,60	224,10	186,75	178,45
7	0,190	0,190	0,950	0,665	0,855
8	0,404	0,303	0,707	0,707	0,606
9	4,365	1,843	5,723	5,723	8,827
10	4,134	1,484	6,466	6,678	11,872
11	0,714	0,510	2,550	3,162	3,060
12	0,204	0,816	2,142	1,326	3,264
13	207,70	227,80	180,90	469,0	160,80
14	207,93	293,97	222,27	487,56	193,59

Vers.Nr.	71	72	73	74	75
Geschlecht	m	w	w	w	m
Alter, (Jahre)	5	8	8	11	8
Größe (cm)	110	144	130	143,5	128
Gewicht (kg)	18,0	36,0	26,7	32,5	23,0
Fo-Go Abstand (cm)	32,0	38,0	40,5	43,5	42,0
Schädellänge (cm)	15,0	15,0	16,0	14,0	14,0
Schädelbreite (cm)	17,0	18,0	17,0	17,0	18,0
Kammeranbringung					
1	45,50	84,00	75,60	54,60	50,05
2	71,40	-	-	-	54,60
3	148,75	301,75	229,50	403,75	136,00
4	76,00	48,00	64,00	60,00	72,00
5	211,65	402,55	244,85	431,60	232,40
6	91,30	87,15	87,15	112,05	95,45
7	0,285	1,425	0,760	0,950	0,475
8	0,303	1,313	0,707	0,808	0,404
9	1,843	11,155	8,633	9,506	5,044
10	1,696	9,540	7,632	11,236	6,148
11	0,714	3,060	2,142	1,938	1,326
12	0,816	3,264	1,632	2,448	1,938
13	355,10	247,90	261,30	415,40	281,40
14	437,37	286,80	258,12	480,39	286,80

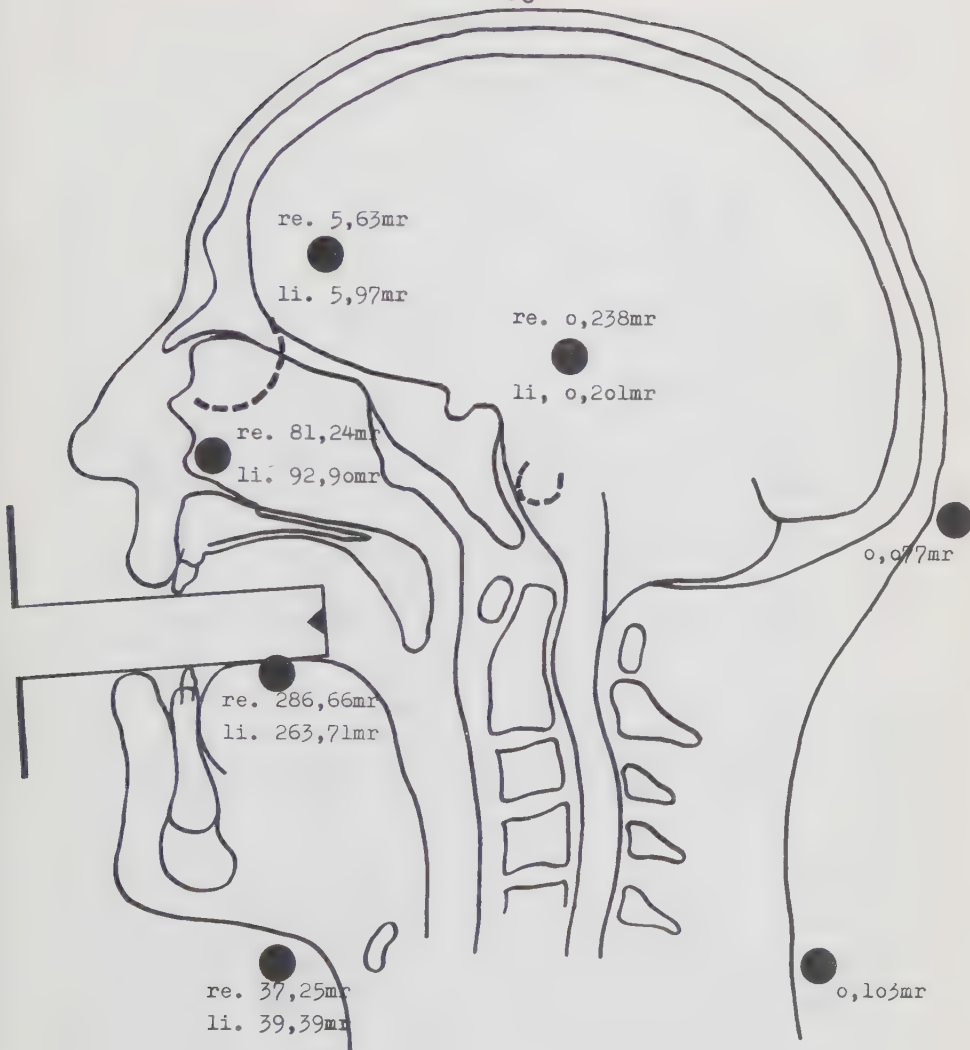
Vers.Nr.	76	77	78	79	80
Geschlecht	w	w	m	w	w
Alter, (Jahre)	5	10	10	13	11
Größe (cm)	110	156	139	156	143
Gewicht (kg)	20,0	38,0	31,5	54,0	42,5
Fo-Go Abstand (cm)	34,0	44,0	43,0	43,0	43,0
Schädellänge (cm)	16,0	18,0	18,0	18,0	17,0
Schädelbreite (cm)	14,0	14,0	14,0	15,0	14,5
Kammeranbringung					
1	54,60	63,00	50,05	37,80	21,00
2	-	-	54,60	-	-
3	250,75	263,50	378,25	195,50	195,50
4	64,00	44,00	72,00	56,00	28,00
5	257,30	170,15	294,65	136,95	207,50
6	70,00	78,85	75,51	78,85	70,55
7	0,665	1,140	0,570	0,475	0,950
8	0,909	0,808	1,414	0,707	0,707
9	7,954	6,305	9,409	5,141	3,201
10	8,586	6,784	11,024	4,664	3,604
11	3,264	4,284	2,550	1,224	1,938
12	2,448	4,614	1,224	1,326	1,428
13	221,10	388,60	408,70	201,00	274,70
14	272,46	365,67	351,33	207,43	308,31

Vers.Nr.	81	82	83	84	85
Geschlecht	w	w	m	w	m
Alter, (Jahre)	8	8	15	10	11
Größe (cm)	133	131	156	147	152
Gewicht (kg)	34,0	26,0	46,0	32,0	52,5
Ro-Go Abstand (cm)	42,5	42,0	46,0	36,0	47,0
Schädelhöhe (cm)	17,0	17,0	17,0	18,0	19,0
Schädelbreite (cm)	14,0	14,0	16,0	14,0	16,0
Kammernbringung					
1	37,80	29,40	36,40	29,40	54,60
2	-	-	12,60	-	42,00
3	267,75	293,25	233,75	114,75	212,50
4	108,00	80,00	44,00	56,00	56,00
5	347,60	373,50	70,55	136,95	186,75
6	66,40	116,20	49,80	66,40	124,50
7	0,760	1,140	1,140	0,475	1,235
8	0,505	0,808	0,606	0,404	1,111
9	5,044	4,268	4,947	9,603	9,506
10	4,982	6,148	6,572	9,010	9,646
11	2,142	1,938	4,590	2,244	3,774
12	1,734	2,550	4,692	2,550	3,366
13	261,30	609,70	502,50	347,10	328,30
14	322,65	673,98	494,73	415,86	329,82

Vers.Nr.	86	87	88	89	90
Geschlecht	w	m	w	m	w
Alter, (Jahre)	7	12	11	9	15
Größe (cm)	124	149	142	134	156
Gewicht (kg)	26,5	41,5	38,0	29,5	44,5
Fo-Go Abstand (cm)	37,0	45,0	43,0	43,0	46,5
Schädellänge (cm)	17,0	19,0	18,0	16,5	17,5
Schädelbreite (cm)	14,0	14,5	15,0	14,5	14,5
Kammeranbringung					
1	46,20	36,40	46,20	36,40	50,40
2	-	100,80	-	29,40	-
3	301,75	369,75	229,50	229,50	365,50
4	56,00	56,00	64,00	52,00	76,00
5	224,10	315,40	278,05	190,90	166,00
6	145,25	136,95	91,30	74,70	153,55
7	0,855	1,710	0,665	0,855	1,140
8	1,111	1,414	0,808	0,707	0,808
9	9,894	10,670	6,402	8,051	9,021
10	10,070	10,494	7,632	10,388	9,222
11	2,958	2,346	1,530	3,672	2,958
12	2,754	3,672	1,836	4,692	1,836
13	341,70	388,60	247,90	214,40	234,50
14	430,20	458,88	229,44	272,46	207,93

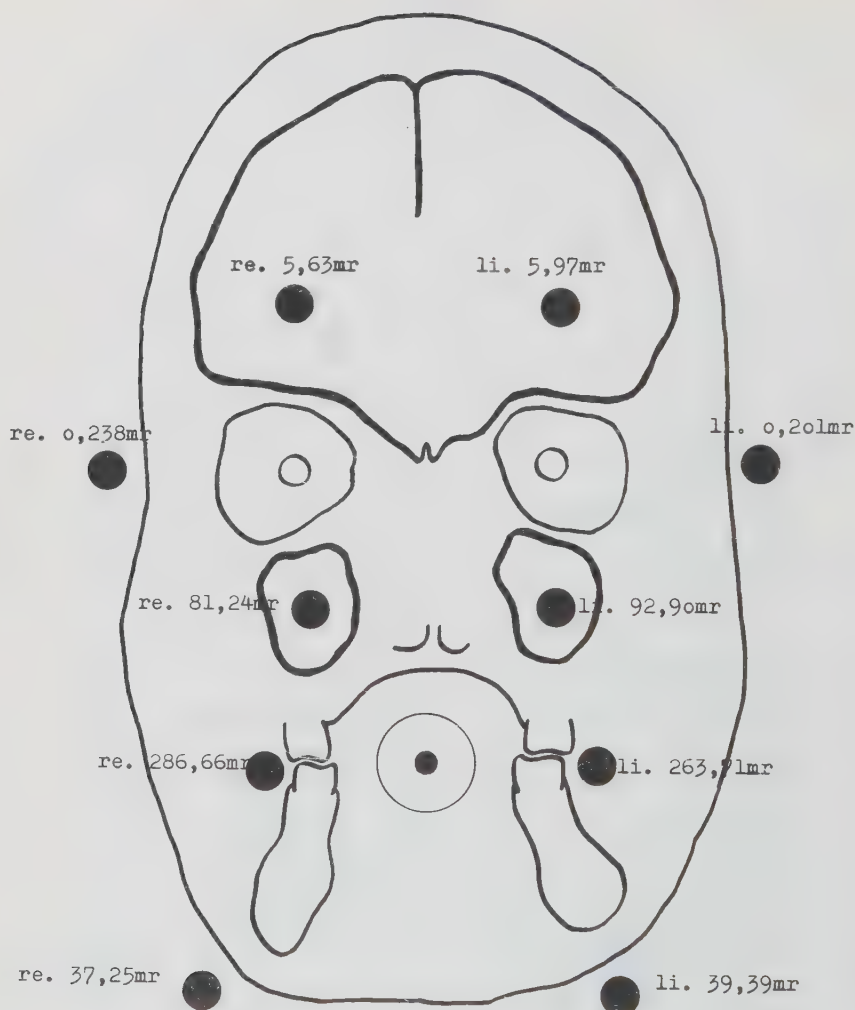
Vers.Nr.	91	92	93	94	95
Geschlecht	m	m	m	w	m
Alter, (Jahre)	13	13	9	13	10
Größe (cm)	168	157	142	154	153
Gewicht (kg)	54,0	50,0	32,0	40,0	39,0
Fo-Go Abstand (cm)	52,5	51,0	42,0	46,0	43,0
Schädellänge (cm)	17,5	19,0	17,5	17,0	18,5
Schädelbreite (cm)	15,0	14,0	15,0	15,0	15,0
Kammeranbringung					
1	59,15	63,70	63,70	54,60	45,50
2	21,00	42,00	16,80	-	67,20
3	51,00	148,75	153,00	161,50	212,50
4	56,00	68,00	48,00	52,00	32,00
5	62,25	273,90	186,75	174,30	228,25
6	78,85	91,30	58,10	66,40	74,70
7	0,190	0,285	1,425	0,475	1,425
8	0,202	0,404	1,212	0,606	1,717
9	3,492	3,104	9,894	4,365	12,125
10	3,498	2,968	10,070	5,406	13,462
11	0,816	1,122	5,712	1,530	2,754
12	0,612	1,020	4,386	1,734	2,346
13	180,90	227,80	147,40	201,00	134,00
14	186,42	229,44	129,06	250,95	136,23

Vers.Nr.	96	97	98	99	100
Geschlecht	w	w	m	m	w
Alter, (Jahre)	11	6	11	11	6
Größe (cm)	135	122	150	142	126
Gewicht (kg)	27,8	25,0	37,5	33,5	38,0
Fo-Go Abstand (cm)	43,0	38,0	48,0	43,0	38,0
Schädellänge (cm)	18,0	17,5	19,5	17,5	17,5
Schädelbreite (cm)	14,0	14,0	14,0	14,0	13,5
Kammeranbringung					
1	54,60	29,40	45,50	118,30	50,40
2	-	-	25,20	46,20	-
3	238,00	157,25	165,75	225,25	140,25
4	64,00	36,00	32,00	80,00	52,00
5	261,45	170,15	166,00	253,15	153,55
6	78,85	161,85	207,50	128,65	91,30
7	0,760	1,330	1,520	1,045	0,760
8	0,606	1,616	1,414	0,909	0,404
9	9,215	11,155	9,312	5,723	1,649
10	11,554	11,978	9,116	5,618	1,908
11	3,774	4,692	3,060	3,570	2,244
12	3,468	4,182	3,366	3,672	2,142
13	422,10	201,00	207,70	147,40	154,10
14	394,35	186,42	329,82	193,59	150,57



Schädelschnitt (Umzeichnung n. 2)

Alle in diesem Schnittbild eingetragenen Meßwerte
(Mittelwerte aus je 100 Messungen) haben die
Größenordnung mr.



Frontalgesichtsschnitt (Umzeichnung n. 2)

Größenordnung der Meßwerte in mr.

Nr.	Lokalisation der Kammern	Ka.Nr.	$\bar{x}$	s^2	s	s_x
1	vor den Gonaden	A 130	45,85 μ r	917,24	30,28 μ r	4,28 μ r
2	hinter den Gonaden	A 131	38,80 μ r	719,92	26,83 μ r	3,79 μ r
2a	auf dem Schoß	A 131	57,77 μ r	649,26	25,48 μ r	3,60 μ r
3	über dem linken Ohr	A 176	201,06 μ r	9604,29	98,00 μ r	9,80 μ r
4	Kopf hinten, Mitte	A 177	77,49 μ r	2334,45	15,28 μ r	1,53 μ r
5	über dem rechten Ohr	A 178	238,73 μ r	11823,40	108,70 μ r	10,87 μ r
6	Hals hinten, Mitte	A 180	103,29 μ r	1960,10	44,27 μ r	4,43 μ r
7	Stirn, links	Y 38	5,97mr	20,72	4,55mr	0,46mr
8	Stirn, rechts	Y 51	5,63mr	15,84	3,98mr	0,40mr
9	über der li.Kieferhöhle	Y 61	92,90mr	1553,28	39,41mr	3,94mr
10	über der re.Kieferhöhle	Y 62	81,24mr	1592,76	39,90mr	3,99mr
11	Unterkiefer-Rand, links	Y 67	39,39mr	737,10	27,15mr	2,72mr
12	Unterkiefer-Rand, rechts	Y 81	37,25mr	708,15	26,61mr	2,66mr
13	Backentasche, links	4256	263,71mr	13384,71	115,60mr	11,56mr
14	Backentasche, rechts	4007	286,66mr	54929,73	234,30mr	23,43mr

V. Besprechung der Versuchsergebnisse

1. Überlegungen zur Strahlenwirkung.

Ionisierende Strahlungen werden sowohl von radioaktiven Stoffen ausgesandt, als auch von der Antikathode einer Röntgenröhre.

Treffen nun Röntgenstrahlen auf lebendes Zellmaterial, so werden der Art der Strahlen nach die Strahlen in verschiedenen Schichten absorbiert. Weiche Strahlen begehen bereits unmittelbar an der Haut biologische Reaktionen, härtere Strahlen können sogar den Körper durchdringen, um dann etwa auf Filmen Schwärzungen hervorzurufen. Große Bedeutung kommt daher der Frage zu, welche Zellen getroffen werden, da die Strahlenempfindlichkeit der einzelnen Organe und Gewebe unterschiedlich ist.

Das empfindlichste Zellmaterial sind die Kernsäuren und deren Fermentsystem, aus denen die Chromosomen bestehen, und ferner die Feinstruktur der Mitochondrien.

Die größte Strahlenempfindlichkeit im Verlaufe des Mitosecyclus einer Zelle besteht während der Periode der Verdopplung des Kernmaterials. Am unempfindlichsten ist die Ruhepause zwischen zwei Mitosen. Infolgedessen sind Gewebe mit hohem Mitoseindex die empfindlichsten, z.B. folgende Mausergewebe: lymphatisches Gewebe, Knochenmark, Hoden, Ovar, embryonales Gewebe.

Man war daher bemüht, für den Körper höchstzulässige Toleranzdosen festzulegen.

Hierzu schreibt Kirsch, Th. (11): "Was die allgemeine Körpertoleranzdosis betrifft, so wurde diese im Laufe der Jahre immer mehr herabgesetzt (z.B. im Jahre 1950: 0,5 r pro Woche = 500 mr pro Woche; im Jahre 1953: 0,3 r = 300 mr pro Woche = derzeitig festgelegte Dosis)."

"Die lokale Toleranzdosis ist mit 0,3 r pro Tag = 1,5 r pro Woche festgelegt. Die genetische Dosis ist mit 0,025 r pro Tag = 0,125 r pro Woche bestimmt."

Inzwischen ist die Toleranzdosis erneut herabgesetzt worden (1961), wie die folgende Tabelle n.Lorenz, W. (16a) zeigt:

Zulässige Dosis an der Körperoberfläche für beruflich strahlenexponierte Personen. (Aus "DIN 6801", gemäß "1.Strahlenschutzverordnung,"EURATOM-Richtlinien und ICRP-Empfehlungen.)

Strahlenarten	Körperbereiche	in		
		1 J	1/4 J	1 Mo
Röntgenstrahlen bis 150 kV und Betastrahlen	Hände, Unterarme r Füße z	60 r	15 r 15 r	5 r 15 r
	Augen, männl. r Keimdrüsen z	5 r	1,2 r 3,0 r	0,4 r 3 r
	alle übrigen r Bereiche z	15 r	3,6 r 8 r	1,2 r 8 r

r = regelm., z = zeitweilig

Eine weitere Eigenart der Röntgenstrahlen besteht in der Streuung. Die Streuung stellt einen Schwächungsvorgang dar, der durch Materie hindurchgehenden Röntgenstrahlen dar. Die Quelle der Streustrahlung wird durch die zu erzwungenen Schwingungen angeregten Atomelektronen gebildet.

Die Hauptstreustrahlenquelle für den Körperstamm und hier wieder ganz besonders der Gonaden liegt bei zahnärztlichen Röntgenaufnahmen im Kopf. Da bei den Panoramaxaufnahmen die Primärstrahlung nahezu vollständig von der Mundhöhle eingefangen wird, so muß die an den Gonaden gemessene Dosis durch Streustrahlung hervorgerufen werden. Eine gewisse Rolle spielt hierbei natürlich der Fokus-Gonadenabstand, da die Streuungsintensität mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt.

2. Die Gonadendosis.

Die wohl folgenschwerste Schädigung ionisierender Strahlen

an lebenden Zellen kommt bei der Bestrahlung der Keimzellen vor. Aus diesem Grunde soll auch bei zahnärztlichen Röntgenuntersuchungen auf eine mögliche Strahlenschädigung der die Vererbung tragenden Zellen streng geachtet werden.

Das Erbgut wird bei lebenden Organismen durch die Chromosomen von einer Generation auf die nächste übertragen. Die einzelnen Merkmale, die übertragen werden sollen, sind an ganz bestimmten Orten im Chromosom lokalisiert. Man nennt einen solchen Ort Gen. Durch eine plötzliche Veränderung in einem Gen, einer sogenannten Mutation, kommt es zur Ausbildung einer anderen Eigenschaft, als der ursprünglich angelegten.

"Bei der Genmutation geht eine Einzelerbanlage aus einem verhältnismäßig beständigen Zustand sprunghaft in einen anderen verhältnismäßigen beständigen Zustand über." (13)

Der größte Teil dieser Mutationen sind negativ, d.h. sie führen zu einer Verschlechterung des Erbgutes.

Zu den auslösenden Ursachen für eine plötzliche Genmutation gehören auch ionisierende Strahlen. Interessant ist es nun, daß die Anzahl der Mutationen mit der Strahlendosis proportional zunimmt und daß es keine untere Grenze für den Beginn der Veränderungen am Gen gibt.

"Dabei summieren sich zeitlich verteilte Dosen, sodaß diejenige Strahlenmenge maßgebend ist, die insgesamt die Keimdrüsen von ihrer Entstehung bis zu ihrer augenblicklichen Funktion traf." (26)

Betrachten wir nun noch einmal den Begriff der Toleranzdosis, so wird klar, daß etwa ein Wert von 0,025 r pro Tag als genetische Toleranzdosis keine Grenze im Sinne eines unteren Schwellwertes für die Keimdrüsen darstellen kann. Genmutationen können auch schon bei wesentlich niedrigeren Strahlendosen auftreten. Daher hat eine exakte Mittelwertbestimmung der Strahlendosis an den Gonaden nur eine orientierende Bedeutung. Zu beachten sind die Streuwerte um den Mittelwert, da es keinen unteren Schwellwert gibt und somit auch jede unter und über dem Mittel-

wert liegende Dosis zu einer Genmutation und damit Schädigung des Erbgutes führen kann.

Die von uns gefundenen Gonadendosiswerte von 38,80 μ r hinter den Gonaden und 45,85 μ r vor den Gonaden bei einer Uk-Panoramix Röntgenaufnahme (gemessen unter einer Schürze mit einem Bleigleichwert von 0,25 mm und auf der Kleidung) sind also im Vergleich zu der genetischen Toleranzdosis von 25 mr pro Tag um das 500 fache niedriger. Theoretisch gehen auch von dieser geringen Dosis Genmutationen aus, die aber praktisch ohne nachteilige Auswirkung sein dürften. Dies entbindet aber nicht von der Sorgfaltspflicht, den Körperstamm und Schoß des Patienten während der Aufnahme nicht ohne Bleischutz zu belassen.

Die tatsächlich die Gonaden treffende Dosis ist in Wirklichkeit noch geringer. Sonnabend, E. (24) fand bei Direktmessungen der Oberflächendosis am Skrotum eine durch Kleidung und Weichteilgewebe bedingte Verminderung gegenüber der Schoßdosis im Mittel um 49%. Intravaginalmessungen ergaben eine Herabsetzung der Dosis gegenüber dem Schoß um 96%.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die bei der Anfertigung eines Status mit dem Panoramix-Röntgengerät auftretende niedrige Gonadendosis mit keinem anderen Röntgengerät zur Herstellung eines Status des Gebisses verglichen werden kann. Von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet stellt es ein in höchstem Maße geeignetes Gerät für die Röntgendiagnostik dar.

3. Kopf- und Halsdosen.

Neben den physikalischen Gegebenheiten hat die anatomische Bauweise des betreffenden Objektes einen Einfluß auf die Größe der Strahlendosis am Meßort.

Da bei unseren Versuchen die Lage der Strahlenquelle sowie die Strahlenqualität (kV, mA, sec.) annähernd unverändert geblieben ist, müssen anatomische Gegebenheiten zur Variation der Dosis geführt haben.

Durch die Bauweise der Panoramix-Röntgenröhre mit einem Primärstrahlenkegel von der hinteren Mundhöhle nach vorne zur Mundöffnung hin, ist zu erwarten, daß die Dosis am Gesichtsschädel

höher sein wird ,als am Hirnschädel.

Die Sekundärstrahlung erzeugte am Nacken eine Dosis von 103,29 μ r und am Hinterkopf 77,49 μ r. Die niedrigere Hinterkopfdosis ist darauf zurückzuführen, daß einerseits der Meßort von der Strahlenquelle weiter entfernt liegt und andererseits durch den Schädelbasisknochen, das Kleinhirn und das Hinterhauptbein die Sekundärstrahlung geschwächt wird.

Im Vergleich hierzu sind die über den Ohren ermittelten Werte von 201,04 μ r und 238,73 μ r doppelt so hoch, wie die Nackendosis und dreimal höher als die Hinterkopfdosis.

Erwartungsgemäß waren die am Gesichtsschädel ermittelten Werte größer. Die relativ weit von den Meßstellen entfernte Strahlenquelle erzeugt aber bereits auf der Stirn Werte im mr-Bereich, weil diese Meßstellen schon von den Randstrahlen des Primärstrahlenkegels getroffen wurden. (5,97 mr , 5,63 mr)

Deutlich höher erwiesen sich die über den Kieferhöhlen gewonnenen Dosiswerte (92,90 mr , 81,24 mr). Primärstrahlung, geringer Abstand zur Strahlenquelle und geringe Gewebedichte sind hierfür verantwortlich.

Die im Schutz der Zunge und der Mundbodenmuskulatur gewonnene Unterkieferranddosis ist nur halb so groß, wie die über den Kieferhöhlen gemessenen Werte. (39,39 mr , 37,25 mr)

Für die Munddosis fanden sich Werte von 263,71 mr und 286,66 mr gemessen hinter den Zahnreihen (von der Strahlenquelle aus gesehen) in den Backentaschen.

Ein Vergleich mit Literaturwerten von ähnlichen an Kindern durchgeführten Messungen war nicht möglich.

4. Vergleiche mit dem Röntgenstatus (11 Aufn.) des Gebisses.

Ein Hauptanliegen der durchgeführten Arbeit war es, die Vermutung experimentell zu bestätigen, daß bei Panoramiaufnahmen die Dosisbelastung des Patienten geringer ist, als bei Aufnahmen

des Gesamtgebisses mit 11 Einzelaufnahmen. Wir haben daher unseren Panoramixdosismerten die Dosismerte eines herkömmlichen Status mit 11 Einzelaufnahmen gegenüber gestellt. Die experimentellen Bedingungen für die Gegenüberstellung kann man der folgenden Tabelle entnehmen:

Gerätebezeichnung	Panoramix	Siemenskugel
KV	45	60
mA	0,5	10
sec	UK:0,2	OK UK } 9,2
Zahl der Aufnahmen	1 (UK)	11
Filterung	ca. 3,5mm Al	2mm Al
Applikator	ohne	Blende:1,5 ϕ
Tubus	---	kurz
Folie	--	--
Probanden	Kinder ♂,♀	Kinder ♂,♀
n	100	20
Alter (Jahre)	5-16	5-16
Strahlenschutz	Schürze (Pb = 0,25)	Schürze (Pb = 0,25)

Unter den oben angeführten Bedingungen kommen wir zu folgenden Ergebnissen:

Nr.	Lokalisation d. Kammer	Panoramix UK-Aufn.	Status 11 Aufn.
1	vor den Gonaden	45,85 μ r	579,15 μ r
2	hinter den Gonaden	38,80 μ r	434,74 μ r
3	über dem linken Ohr	0,201 mr	57,79 mr
4	Kopf hinten,Mitte	0,774 mr	4,78 mr
5	über dem rechten Ohr	0,238 mr	51,40 mr
6	Hals hinten,Mitte	0,103 mr	11,54 mr
7	Stirn,Auge links	5,97 mr	690,69 mr
8	Stirn,Auge rechts	5,63 mr	580,00 mr
9	UK links	39,39 mr	639,30 mr
10	UK rechts	37,25 mr	680,93 mr
11	über der linken Kieferh.	92,90 mr	-
12	über der rechten Kieferh.	81,24 mr	-
13	unter dem linken Ohr	-	93,54 mr
14	unter dem rechten Ohr	-	105,34 mr

Die gemessenen Werte zeigen deutlich, daß die bei den Panoramix-Aufnahmen ermittelten Strahlendosen erheblich niedriger liegen.

Es ist zu bemerken, daß die Gonadendosis bei dem Panoramix- und dem Vergleichsstatus jeweils unter der Bleischürze ($Pb = 0,25$) gemessen wurde.

Unter der Annahme, daß man bei der Oberkiefer-Panoramix-Aufnahme den gleichen Gonadenwert erhält wie bei der Unterkieferaufnahme, liegt die beim Vergleichsstatus gemessene Gonadendosis um einen fünffachen Betrag höher. Die Unterschiede werden beim Vergleich der am Kopf und Hals gemessenen Dosen noch wesentlich größer.

Für die Gonadendosis gibt Sonabend, E. (20) einen Vergleichswert an. Ohne Applikator und ohne Polie ermittelte er bei Panoramix-Aufnahmen eine Gonadendosis von $0,184 \text{ mr } (\bar{x})$. Durch Anlegen einer Schürze fand er eine Verminderung der Gonadendosis um 89 %. Bei Verwendung eines Applikators verringerte sich die Gonadendosis um 79 %.

Ein Vergleich unserer Ergebnisse mit denen anderer Autoren ist nur schwer möglich. Schon bei gleichen Aufnahmebedingungen ist eine Variabilität der gemessenen Dosis an einem Ort deutlich zu vermerken. Um so schwerer wird es dann, die unter anderen Bedingungen gewonnenen Werte mit den eigenen zu vergleichen. Nur wenn alle Meßbedingungen bekannt sind, lassen sich durch Umrechnung Vergleiche anstellen.

VI. Statistische Auswertung^{+))}

Unter einer Stichprobe versteht man in der Statistik einen zufälligen Anteil von Individuen aus einer Grundgesamtheit. Jedes Individuum der Grundgesamtheit hat dabei die gleiche Aussicht, in die Stichprobe aufgenommen zu werden.

Um eine Stichprobe zu charakterisieren, suchen wir nach sogenannten Kennwerten. Hierzu gehört z. B. der Mittelwert oder die Streuung.

Nachdem bereits in der Tabelle auf Seite 37 Kennwerte für die Meßergebnisse an den verschiedenen Meßorten zusammengestellt wurden, soll jetzt versucht werden, Zusammenhänge zwischen den Meßergebnissen einzelner Meßstellen und körperbaulichen Faktoren zu ermitteln.

Ein Problem von ganz besonderem Interesse liegt für uns in der Erforschung eines möglichen Zusammenhanges zwischen anthropometrischen Größen (Körperlänge, Gewicht, Fokus-Gonadenabstand) und der an den Gonaden gemessenen Strahlendosis.

Um zu Ergebnissen zu kommen, haben wir graphische und rechnerische Methoden angewendet.

Bei der graphischen Darstellung der Meßwerte der untersuchten Merkmale (z.B. der Körpergröße und der Gonadendosis) in einem rechtwinkligen Koordinatensystem kann man an der Art der Punkteverteilung erkennen, in wie weit ein Zusammenhang zwischen den beiden Merkmalen besteht.

Eine Punkteverteilung, die dicht zusammenliegt und in einer Richtung deutet, läßt auf einen engen Zusammenhang schließen. Fehlt jeglicher Zusammenhang, so stellt das graphische Schaubild einen regellosen Punkteschwarm dar.

Unter den möglichen Kombinationen der oben genannten Körperbaumerkmale untereinander und mit den Werten der Kopf-Hals- und Gonadendosis haben wir folgende Merkmalspaare graphisch dargestellt:

^{+))} Unter Mithilfe des Institutes für Medizinische Statistik und Dokumentation.

- 1.) Gewicht/Körperlänge
- 2.) Gonadendosis/Körperlänge
- 3.) Gonadendosis/Gewicht
- 4.) Gonadendosis/Fokus-Gonadenabstand
- 5.) Gewicht/Fokus-Gonadenabstand
- 6.) Körperlänge/Fokus-Gonadenabstand
- 7.) Gonadendosis(v)/Gonadendosis(h)
- 8.) Unterkieferranddosis li/re
- 9.) Unterkieferranddosis li/Gonadendosis (v)
- 10.) Unterkieferranddosis re+li/Gonadendosis v+h
- 11.) Stirndosis re/li
- 12.) Stirndosis re+li/Gonadendosis v+h
- 13.) Kopfdosis/Halsdosis
- 14.) Kopfdosis/Gonadendosis

(Anm.: Die Darstellungen der Merkmalspaare 5-14 finden sich im Anhang).

Rechnerisch gesehen geht es nun darum, mit Hilfe der Korrelationsstatistik eine Maßzahl für die Straffheit eines Zusammenhanges anzugeben.

Man verwendet den Bravais Pearson'schen Korrelationskoeffizienten r . Er ergibt sich aus der folgenden Formel: (12)

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} \cdot S_{yy}}}$$

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}) \cdot (x_i - \bar{x})$$

$$= \sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

$$\begin{aligned}
 S_{xx} &= \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \\
 &= \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}
 \end{aligned}$$

$$S_{yy} \text{ analog } S_{xx}$$

Ist der absolute Wert von $r = 1$, dann liegt vollständige lineare Abhängigkeit vor wie bei einer mathematischen Funktion. Hat r dagegen den Wert 0, so besteht kein, bez. kein linearer Zusammenhang.

Die Korrelationskoeffizienten wurden auf Signifikanz geprüft. Dabei geht man von der Annahme aus, daß der Korrelationskoeffizient ρ der Grundgesamtheit aller Individuen, aus der die 100 Probanden gewissermaßen eine Stichprobe sind, den Wert 0 hat. Der tatsächlich bei den vorliegenden Fällen errechnete Korrelationskoeffizient stellt eine Zufallsabweichung dieses Null-Wertes der Grundgesamtheit dar. (O-Hypothese). Es wird die Wahrscheinlichkeit errechnet dafür, daß die O-Hypothese zutrifft, wenn man sie ablehnt. Ist diese Wahrscheinlichkeit groß, dann besteht kein Anlaß, die O-Hypothese zu verwerfen. Beträgt die Wahrscheinlichkeit (auch Irrtumswahrscheinlichkeit genannt) 1% und weniger, $P \leq 1\%$, dann wird die O-Hypothese abgelehnt und die Alternativhypothese akzeptiert. Die Alternativ-Hypothese lautet: Zwischen den untersuchten Größen besteht in der Grundgesamtheit ein statistischer gesicherter (signifikanter) Zusammenhang.

Mittels einer Tafel für die Zufallshöchstwerte von r in Abhängigkeit von den sogenannten Freiheitsgraden (Anzahl der Fälle - 2) wurde die Signifikanz der Korrelationskoeffizienten

geprüft. (4)

Die Korrelation zwischen zwei Größen kann auch durch die Abhängigkeit von einer dritten Größe hervorgerufen werden. Den möglichen Einfluß einer dritten Größe kann man mit Hilfe der partiellen Korrelationsrechnung abschätzen.

Der partielle Korrelationskoeffizient stellt ein Maß für den Zusammenhang zwischen je zwei Größen unter Konstanzhaltung der dritten dar. (14)

Es wurden folgende Formeln angewendet:

$$r_{yx \cdot v} = \frac{r_{xy} - r_{yv} \cdot r_{xv}}{\sqrt{(1 - r_{yv}^2) \cdot (1 - r_{xv}^2)}}$$

$r_{yv \cdot x}$ analog zu $r_{yx \cdot v}$

Der lineare Zusammenhang zwischen zwei Größen x und y läßt sich über eine sogenannte Regressionsgleichung, $y_R = b_{\hat{x}} + a$, mathematisch formulieren.

Die Regressionsgerade wird nach folgenden Formeln berechnet:

$$\text{Regressionskoeffizient} \quad : \quad b = \frac{S_{xy}}{S_{xx}}$$

$$\text{Regressionskonstante} \quad : \quad a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Die Regressionsgleichung ermöglicht es, zu jedem in Frage kommenden x -Wert den dazugehörigen durchschnittlichen

y-Wert zu bestimmen.

Mittels einer mehrfachen Regressionsgleichung kann die Abhängigkeit zwischen y und anderen Größen x_1, x_2 usw. ausgedrückt werden.

Die mathematische Formulierung lautet:

$$y = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + K$$

b_1, b_2 usw. werden aus folgenden Gleichungen ermittelt:

$$S_{11}b_1 + S_{12}b_2 + S_{13}b_3 = S_{1y}$$

$$S_{21}b_1 + S_{22}b_2 + S_{23}b_3 = S_{2y}$$

$$S_{31}b_1 + S_{32}b_2 + S_{33}b_3 = S_{3y}$$

$$K = \bar{y} - b_1\bar{x}_1 - b_2\bar{x}_2 - b_3\bar{x}_3$$

Der Mehrfachkorrelationskoeffizient R gibt den Grad der Annäherung an y, der durch die Berechnung der multiplen Regression erreicht wird, als Maßzahl an.

Bei Abhängigkeit einer Größe y von x_1 und x_2 lautet die Formel:

$$R_{y \cdot x_1 x_2} = \sqrt{1 - (1 - r_{yx_1}^2)(1 - r_{yx_2 \cdot x_1}^2)}$$

Resultate:

Die errechneten Korrelationskoeffizienten (r) der verschiedenen Merkmalskombinationen sowie ihre Signifikanzprüfung sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt worden.

Tab. 1

Zusammenhang zwischen :	r	Sig. ⁺	Regressionsgl.	Abb.
Gewicht/Körperlänge	+0,930	+	$y = 0,013 x + 0,973$	1
Go-Dosis/Körperlänge	-0,052	∅	$y = -0,001 x + 1,491$	2
Go-Dosis/Gewicht	-0,147	∅	$y = -0,056 x + 38,38$	3
Go-Dosis/Fokus-Go-Abst	-0,155	∅	$y = -0,039 x + 45,56$	4
Gonaden(v)/Gonaden(h)	+0,369	+	$y = 0,318 x + 25,23$	B
lg Uk re+li/lg Go v+h	-0,429	+	$y = -0,348 x + 1,730$	A

Die mit Hilfe der partiellen Korrelationsrechnung gefundenen Werte ergaben:

$$r_{yx \cdot v} = + 0,228$$

v = Gewicht

x = Körperlänge

$$r_{yv \cdot x} = + 0,264$$

y = Fokus-Gonadenabstand

Es wurden der Korrelationskoeffizient für die Merkmale Fokus-Gonadenabstand und Körperlänge unter Konstanthaltung des Gewichtes und der Korrelationskoeffizient für die Merkmale Fokus-Gonadenabstand und Gewicht unter Konstanthaltung der Körperlänge berechnet. Beide Werte sind statistisch nicht gesichert.

+ Signifikanz

++ Die lineare Annäherung ist in diesem Fall grob. Da die Berechnung einer Regressionsgleichung dieser Beziehung nicht im Vordergrund steht, wurde auf die Ermittlung einer nicht linearen Gleichung verzichtet.

Die mittels der mehrfachen Regressionsgleichung errechneten Gonadendosiswerte (y_{Go}) unter Verwendung von Körperhöhe, Gewicht und Fokus-Gonadenabstand (x_1, x_2, x_3) zeigten erhebliche Abweichungen von den experimentell ermittelten Gonadendosiswerten.

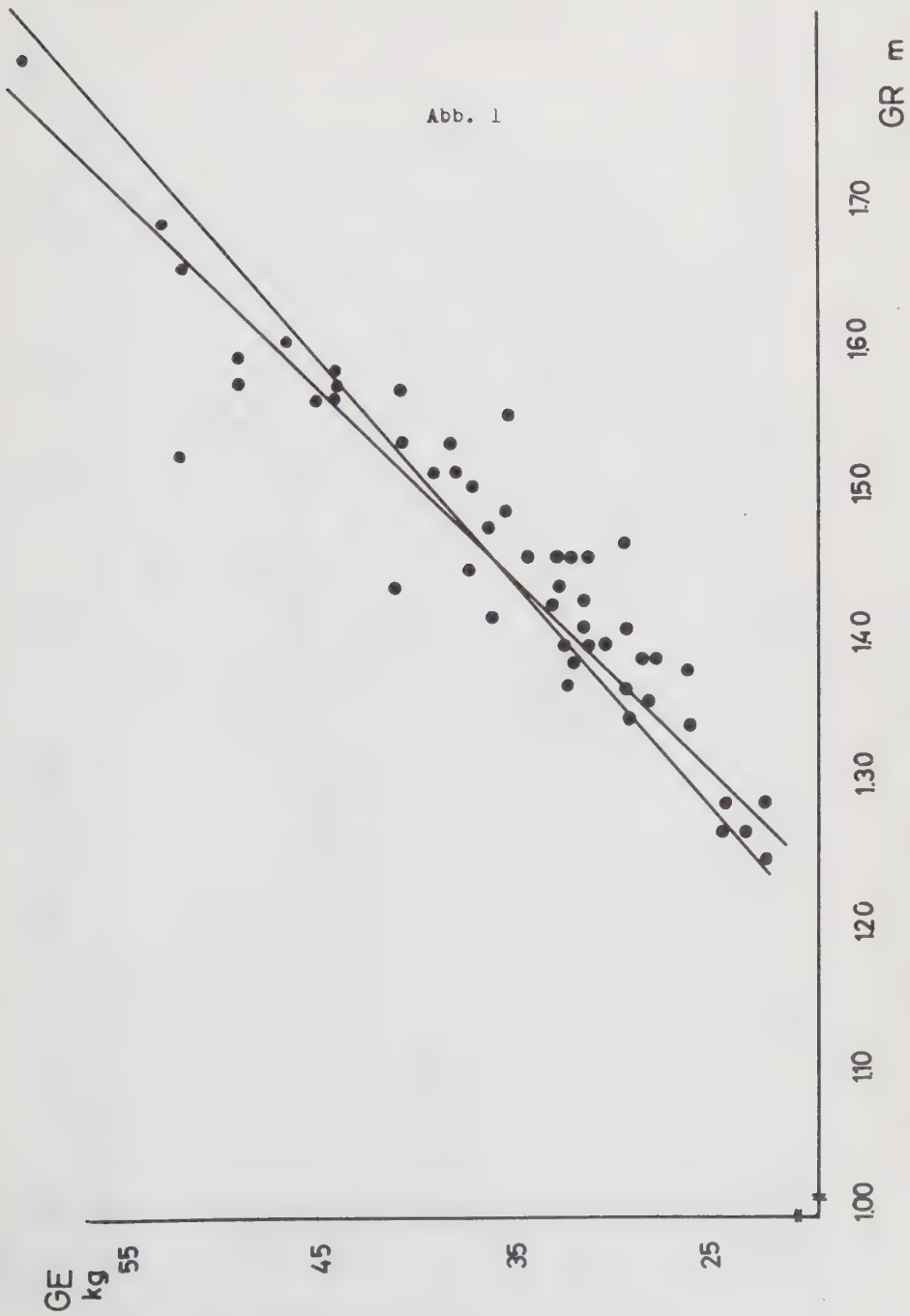
Bei der Ermittlung des Mehrfachkorrelationskoeffizienten $R_{y \cdot x_1 x_2 x_3}$ wurde zunächst $R_{y \cdot x_1 x_2}$ und dann $R_{y \cdot x_1 x_2 x_3}$ berechnet:

(Anm.: y = Gonadendosis
 x_1 = Gewicht
 x_2 = Körperlänge
 x_3 = Fokus-Gonadenabstand)

$$R_{y \cdot x_1 x_2} = 0,2466$$

$$R_{y \cdot x_1 x_2 x_3} = 0,2468$$

Beide Werte sind statistisch nicht gesichert.



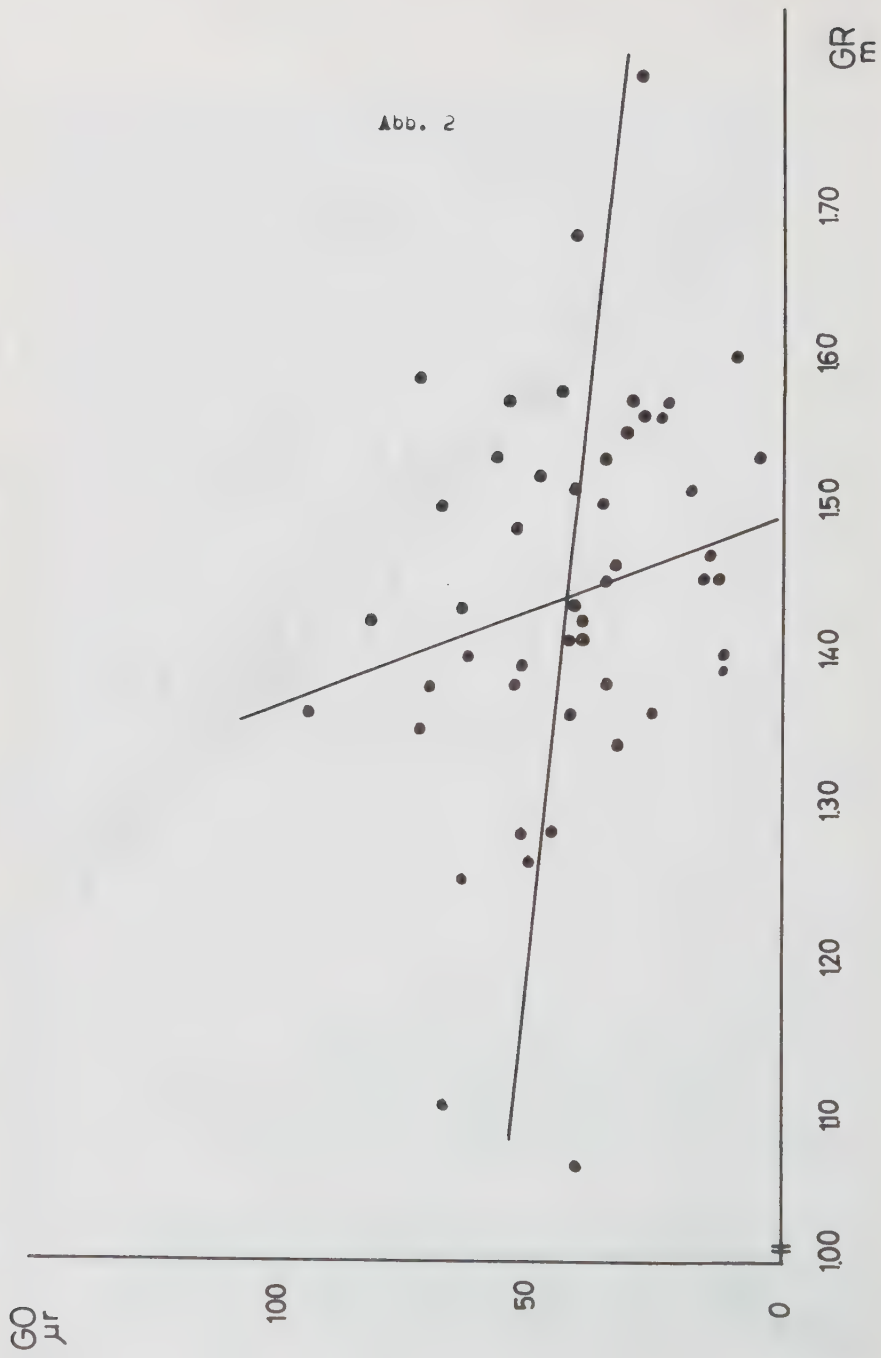
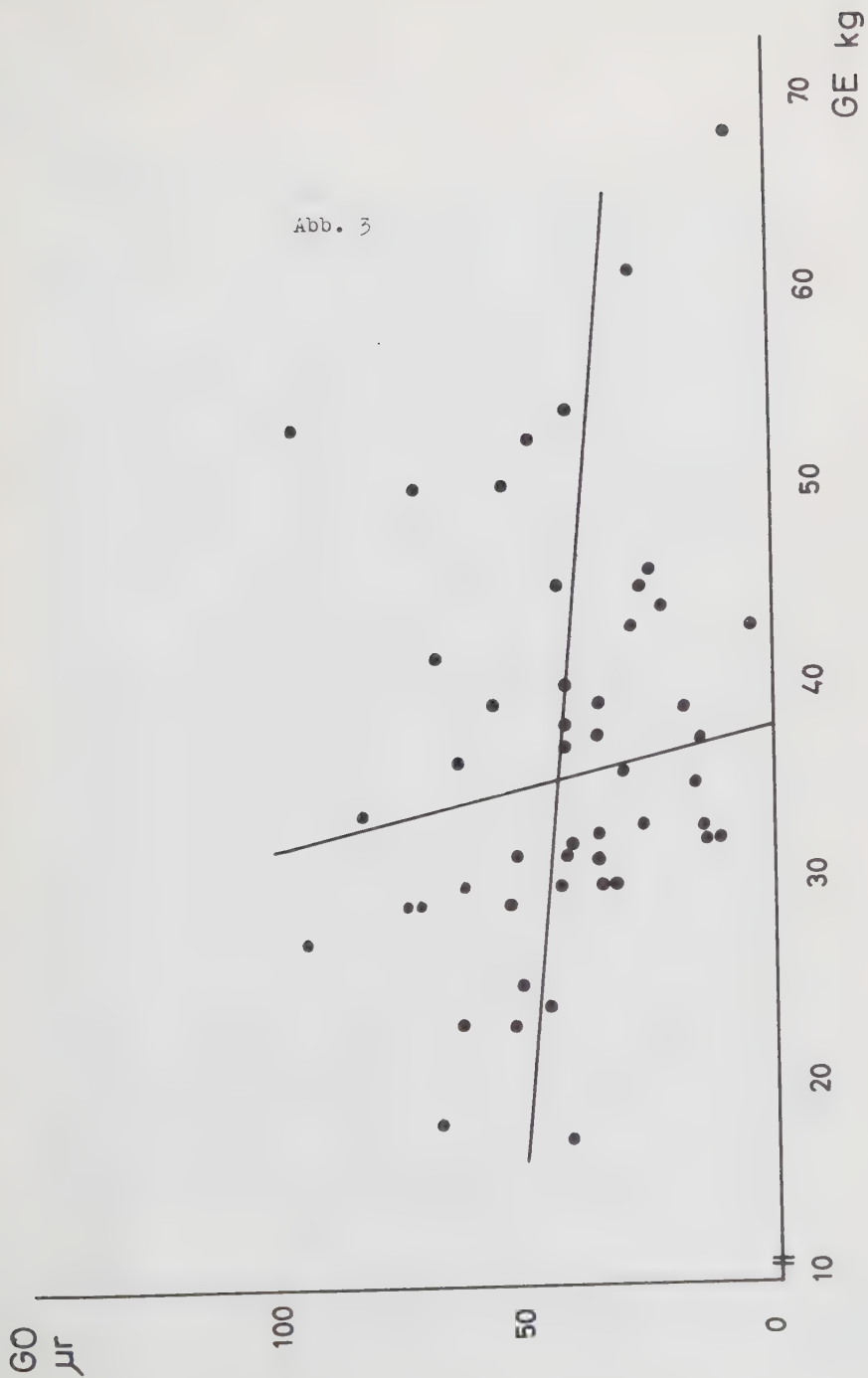
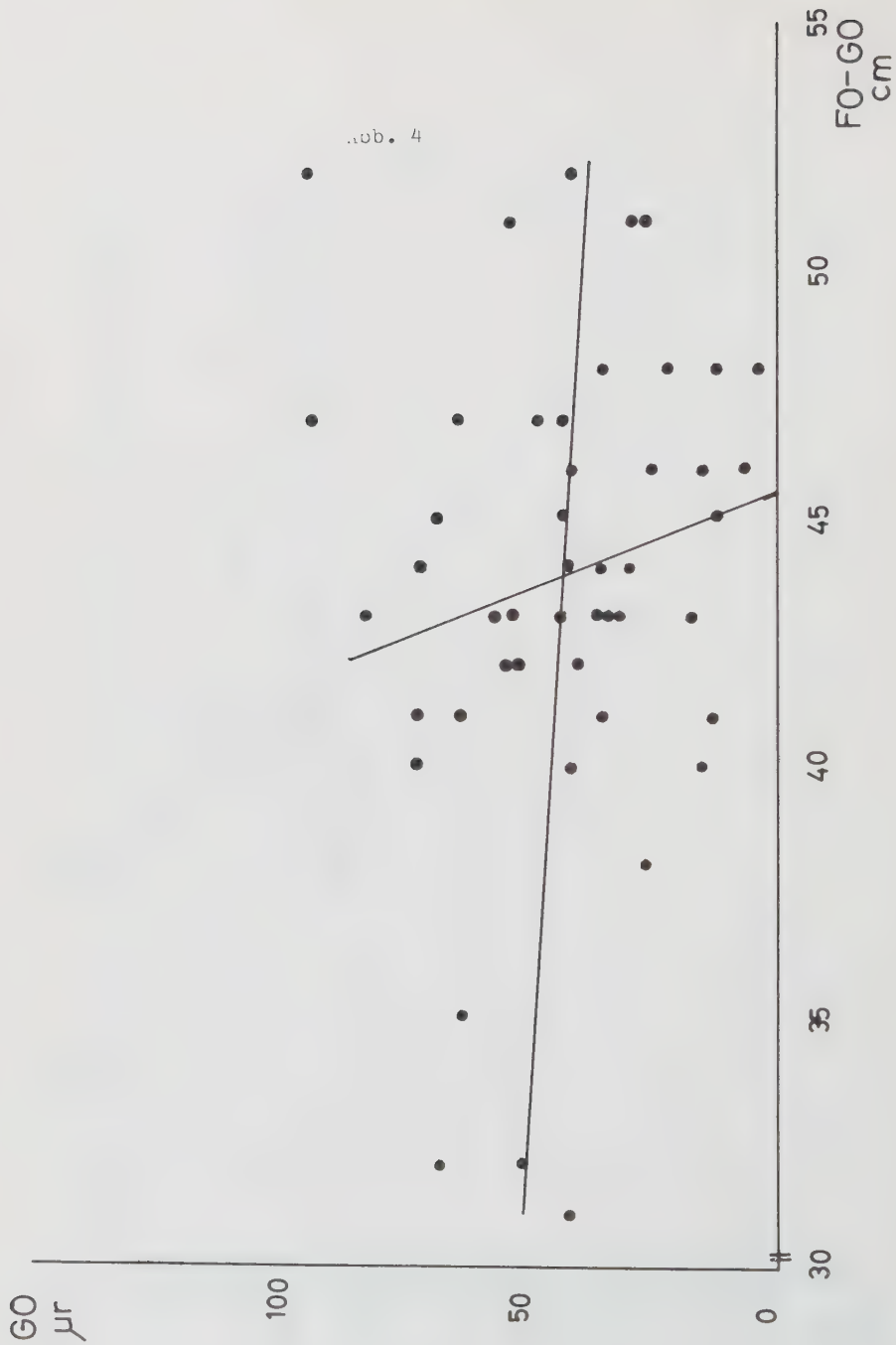


Abb. 2





Deutung der Resultate:

Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, besteht zwischen Gewicht und Körperlänge eine sehr hohe Korrelation von + 0,930. Dieses Ergebnis ist nach zahlreichen Untersuchungen auf dem Gebiet der Konstitutionsforschung zu erwarten gewesen.

Auffallend niedrig sind dagegen die Korrelationskoeffizienten der Merkmalspaare Gonadendosis/Körperlänge (-0,052), Gonadendosis/Gewicht (-0,147) und Gonadendosis/Fokus-Gonadenabstand (-0,155). Für alle drei Kombinationen konnte keine Signifikanz nachgewiesen werden.

Für die Abhängigkeit zwischen Gonadendosis und Körperlänge wäre zu erwarten gewesen, daß mit zunehmender Körperlänge die Dosis an den Gonaden abnimmt.

Ähnliches gilt für die Kombination von Gonadendosis und Gewicht.

Auch für den Zusammenhang zwischen Gonadendosis und Fokus-Gonadenabstand gelten die gleichen Überlegungen, da der Fokus-Gonadenabstand gewissermaßen die Rumpflänge darstellt und somit in der Körperlänge enthalten ist.

Das Fehlen eines Zusammenhanges bei den drei Merkmalspaaren kann eventuell dadurch erklärt werden, daß die anthropometrischen Größen relativ grob in cm und kg, die Gonadendosis dagegen in 1/1000 bez. 1/1000000 der Grundeinheit (r) gemessen wurde.

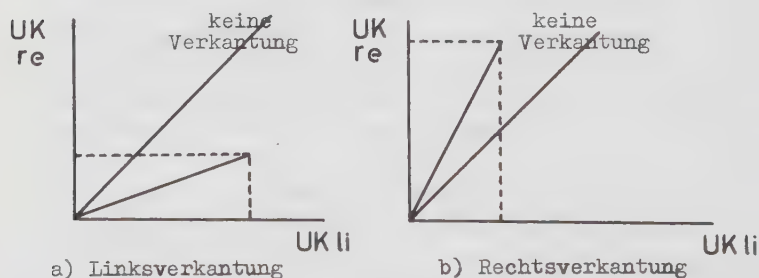
Eine statistisch gesicherte Beziehung fand sich dagegen zwischen dem lg des Mittelwertes der Unterkieferranddosis rechts und links und dem lg des Mittelwertes der vor und hinter den Gonaden gemessenen Dosis. (Abb. A). Die Korrelation ist signifikant, der Korrelationskoeffizient negativ. Je höher die Unterkieferranddosis ist, umso niedriger wird die Gonadendosis und umgekehrt.

Dieses Ergebnis kann zustande kommen, daß bei einer hohen Unterkieferranddosis die Meßkammer als Filter wirkte

und nur ein entsprechend geringerer Teil der Strahlung die Gonadenkammern erreichte. Lag dagegen die Unterkieferrandkammer nicht im direkten Hauptstrahlenfeld, so verminderte sich die Dosis am Unterkieferrand und es gelangte eine entsprechend höhere Strahlenmenge zu den Gonadenkammern. Auch dem Problem einer möglichen Verkantung der Röhre im Munde des Patienten mit entsprechenden Auswirkungen auf die Gonadendosis sind wir nachgegangen.

In der graphischen Darstellung der Gonadendosis gemessen vor und hinter den Gonaden (Abb.B), sind im Abstand von je 1 cm (willkürlich) parallel zur 45° -Achse zwei Linien eingezeichnet worden. Zu den oberhalb und unterhalb dieses Streifens liegenden Extremgonadendosiswerten wurden die dazugehörigen Unterkieferranddosen gesucht und in einem weiteren Diagramm eingetragen.

Wenn die extrem hohen Werte an den Gonadenkammern auf eine Verkantung der Röhre im Munde zurückzuführen sind, dann sieht das graphische Schaubild folgendermaßen aus:



Man erhält also eine Streuung der Werte um eine Gerade, die bei Linksverkantung einen kleineren Steigungswinkel als 45° hat und bei Rechtsverkantung einen größeren Winkel als 45° .

Wie die Abb.C zeigt, liegen die zu den Gonadendosisextremwerten zugehörigen Unterkieferranddosen um die 45° Gerade

verteilt.

Somit sind die an den Gonaden auftretenden Extremwerte vermutlich nicht durch eine Verkantung der Röntgenröhre bedingt.

Abb. A

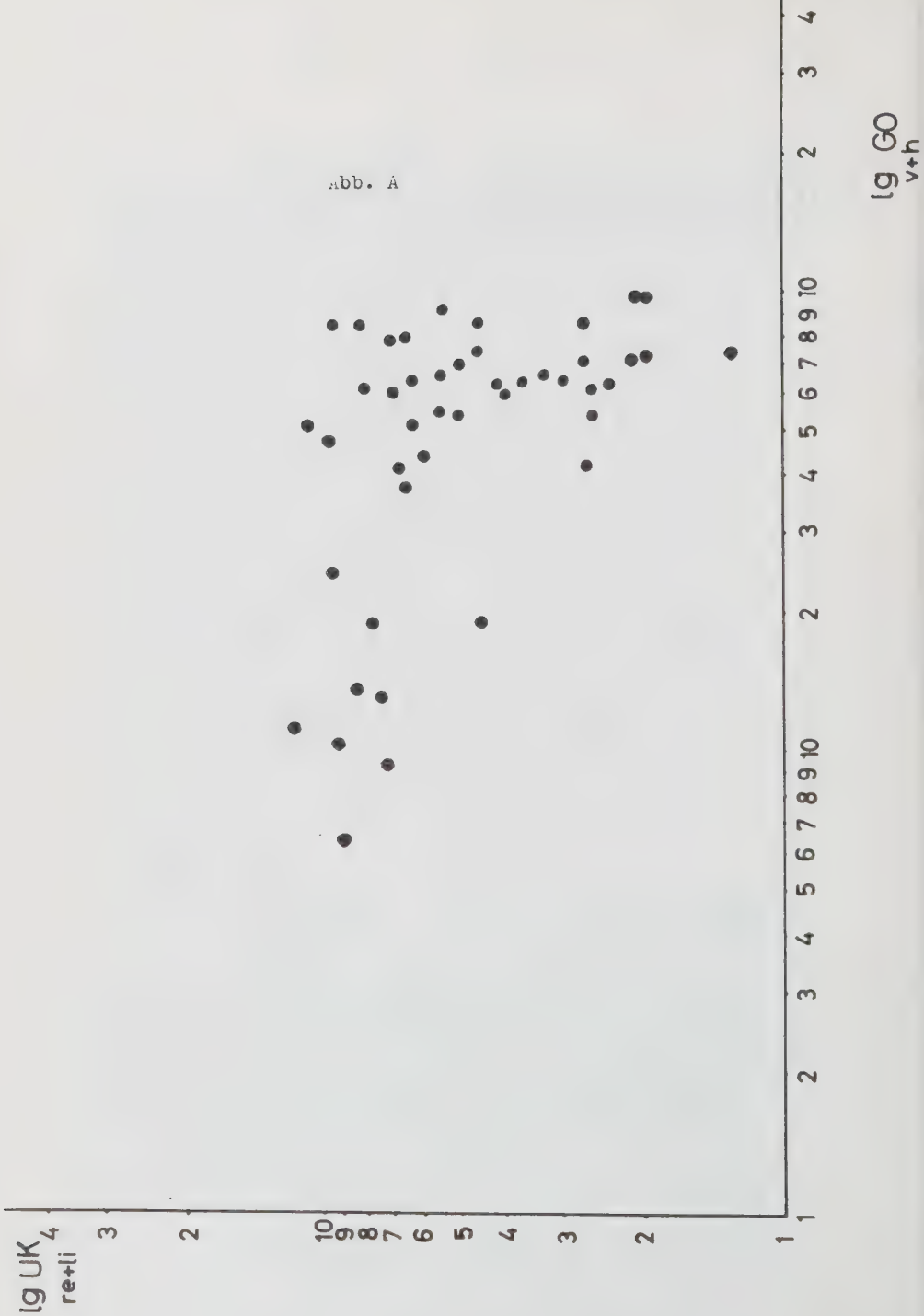
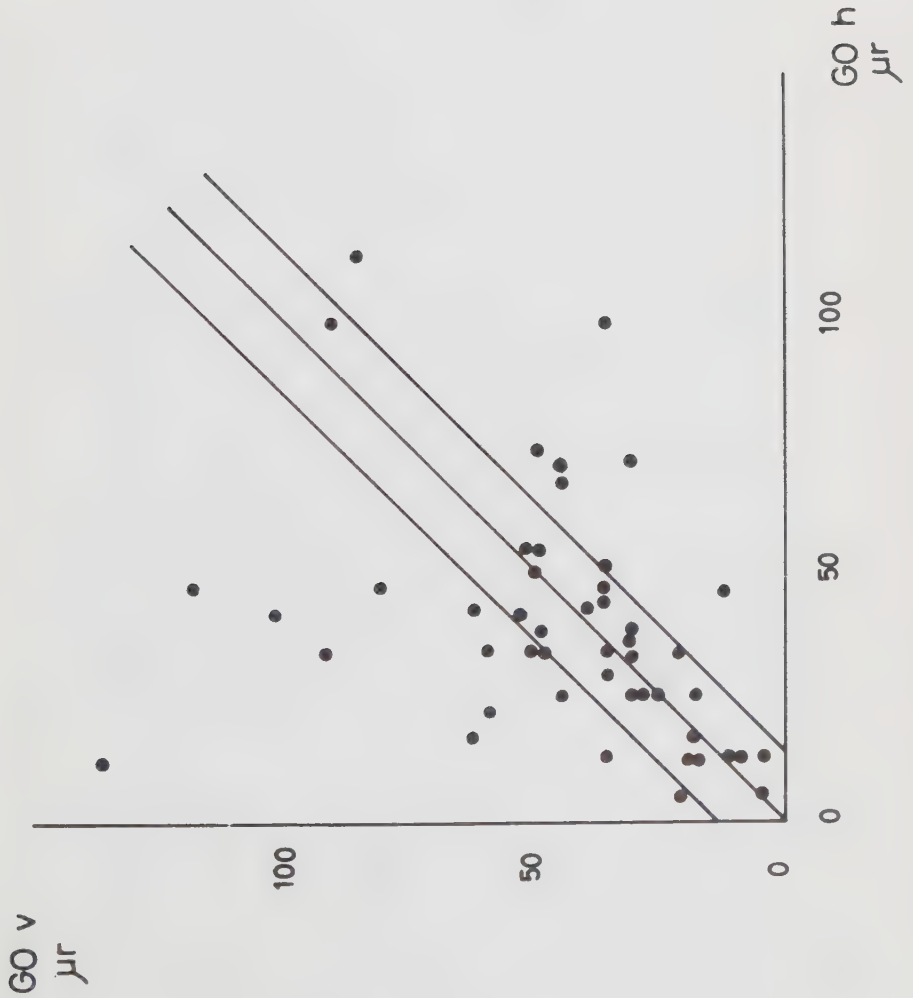


Abb. B



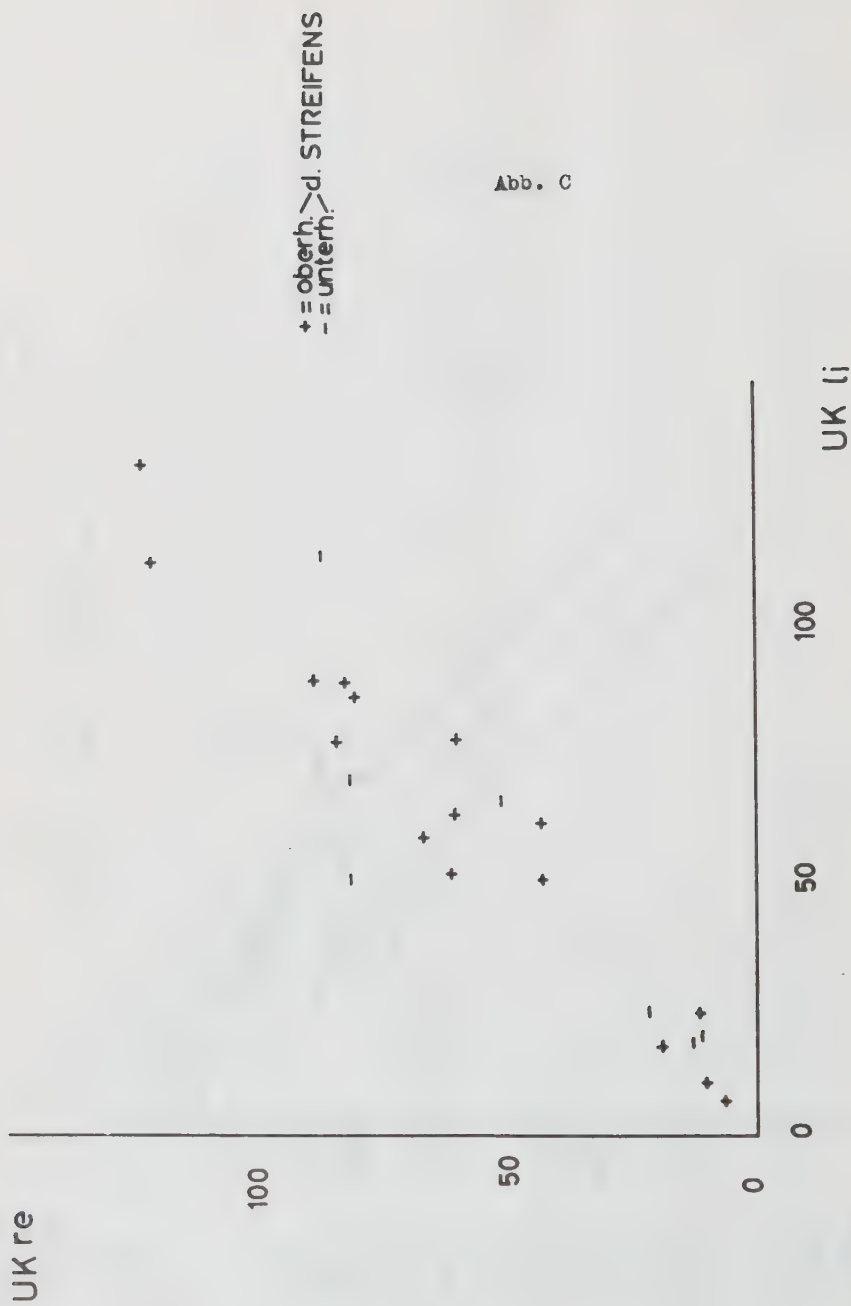


Abb. C

VII. Zusammenfassung

- 1.) Bei Röntgenaufnahmen mit dem Panoramix-Röntgengerät wurden 1250 Einzelmessungen der an Kopf, Hals und Gonaden auftretenden Strahlendosis durchgeführt.
- 2.) Ermittelt wurde die Strahlendosis mit Hilfe von Ionisationskammern an 14 verschiedenen Meßstellen.
- 3.) Probanden waren 100 Kinder beiderlei Geschlechts im Alter zwischen 5 und 16 Jahren.
- 4.) Alle Aufnahmen erfolgten bei einer Einstellung von 45 kV, 0,5 mA, 0,2 sec.
- 5.) Bei jeder Aufnahme war der Körperstamm und Schoß des Patienten mit einer Schürze (Pb 0,25) abgedeckt worden.
- 6.) Die gefundenen Werte liegen alle im mr und μ r Bereich.
- 7.) Die Gegenüberstellung der Werte mit einem Vergleichsstatus (11 Aufn.) zeigt eine erheblich geringere Dosis bei den Panoramixaufnahmen.
- 8.) Die statistische Auswertung brachte keine deutlichen Zusammenhänge zwischen anthropometrischen Merkmalen und den Strahlendosiswerten.
- 9.) Die bei dem angewandten Meßverfahren ermittelte durch das Panoramix-Gerät verursachte geringe Strahlenbelastung der Gonaden (ca. 40 μ r) läßt den Schluß zu, daß die Verwendung des Panoramix-Gerätes bei Abschirmung der Gonaden sowohl bei Erwachsenen wie auch bei jugendlichen Patienten verantwortet werden kann.

VIII. Literaturverzeichnis

- 1) Bissig, J. Zur Frage der Strahlendosen an den Keimorganen bei zahnärztlichen Röntgenuntersuchungen. Schweizer Monatszeitschrift für Zahnheilkunde 69, 1075 (1959).
- 2) Eycleshymer, A., C. Schremaker, D. M. A cross-section-Anatomy. Appleton-Century-Crofts, Inc. New York (1938).
- 3) Fechner, F. Die Bedeutung der Panorama Vergrößerungsaufnahmen für die kieferorthopädische Befunderhebung. Zahnärztl. Praxis 1, 1 (1964).
- 4) Geigy Dokumenta Geigy. Wissenschaftliche Tabellen. Basel 6. Auflage, 61.
- 5) Hielscher, W. Röntgenologische Gesamtdarstellung der Kiefer mit dem Spezial-Röntgenapparat Panoramix. DZZ 12, 811 (1962).
- 6) Jung, T. Panorama Vergrößerungsaufnahmen mit der Panoramix-Röhre, ein neues zahnärztliches Röntgenverfahren. DZZ 17, 142 (1962).
- 7) - Die Strahlenbelastung des Patienten

- durch zahnärztliche Röntgenuntersuchungen.
DZZ 15,1530 (1960).
- 8) - Die Panorama-Röntgen-Vergrößerungsaufnahme der Zähne und der Kiefer.
DZZ 17,568 (1962).
- 9) - ,und Lohmann,T. Intraorale und intracranielle Dosismaxima bei Panorama-Röntgenaufnahmen der Zähne und Kiefer.
DZZ 18,802 (1963).
- 10) Kirsch,Th. Strahlengefährdung und Strahlenschutz in der zahnärztlichen Röntgendiagnostik.
Heidelberg (1960).
- 11) - Zur Messung von Streustrahlen bei intraoralen Zahnaufnahmen.
Zahnärztliche Welt/Reform 1,(1958).
- 12) Koller,S.,in Biochem.Taschenbuch.
Rauen,H. Springer Verlag Berlin,Göttingen, Heidelberg (1956).
- 13) Kühn,A. Grundriss der Allgemeinen Zoologie.
Georg Thieme Verlag,Stuttgart, 14.Auflage,282 (1961).
- 14) Lange,H.J. Int.Archiv für Gewerbepathologie und Gewerbehygiene 20,73 (1963).

- 15) Lienert, G., A. Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik.
Verlag Anton Hain, (1962).
- 16) Lohmann, Th. Über eine neue Methode der zahn-
ärztlichen Röntgenaufnahmetechnik.
Röntgen-Blätter 5,6 (1962).
- 17) Rajewsky, B. Strahlendosis und Strahlenwirkung.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, (1956).
- 18) Setz, D. Erfahrungsbericht über das Panoramix
Röntgengerät.
Zahnärztliche Welt/Reform 19, (1962).
- 19) Schoknecht, G. Strahlungsdetektoren und Meßgeräte
in der Medizin.
Röntgen-und Laboratoriumspraxis
4,72 (1962).
- 20) Sonnabend, E. Zur Strahlenbelastung des Patienten
Kruse, D. bei extraoralen und Panorama-Rönt-
genaufnahmen der Zähne und Kiefer.
DZZ 8,33 (1964).
- 21) Sonnabend, E. Verfahren zur Minderung der Röntgen-
dosis bei Zahnaufnahmen.
DZZ 16,319 (1961).
- 22) - Zahnröntgenaufnahmen und Strahlen-
belastung des Patienten.
DZZ 14,180 (1959).
- 23) - Zur Minderung der Gonadendosis bei

- Röntgenaufnahmen der Zähne und Kiefer.
DZZ 18,1295 (1963).
- 24) - Die Strahlenbelastung des Patienten bei Röntgenaufnahmen der Zähne. Habilitationsschrift, Göttingen 1960.
- 25) Westphal, W. Physik, Ein Lehrbuch von W.H. Westphal. Springer Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg (1959).
- 26) Wieser, C. Allgemeines zur Frage der Strahlengefährdung und Besonderes zum Problem des Strahlenschutzes bei zahnärztlichen Röntgenuntersuchungen. Schweizer Monatszeitschrift für Zahnheilkunde 69,12,1107 (1959).
- 27) Witt, E. Die extraorale Aufnahme der Weisheitszähne und die Kombination dieser Aufnahme mit dem Panoramix-Röntgenbild in der Kieferorthopädie. 24,1436 (1963).
- 28) Witt, E. und Schilli, W. Über Möglichkeiten und Grenzen der neuen Röntgenaufnahme der Kiefer und Zähne mit dem Panoramixgerät. Zahnärztl. Welt/Reform 10, (1963).
- 16a) Lorenz, W. Strahlenschutz in Klinik und ärztlicher Praxis. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 230 (1961).

Für die Anregung zu diesem Thema möchte ich den Herren Privatdozenten Dr. Franzen und Dr. Nawrath herzlich danken.

Herrn Prof. Dr. Diethelm und seinen Mitarbeitern danke ich für die freundliche Unterstützung und die Übernahme des Korreferates.

Ebenso gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. Dr. Koller sowie Herrn Dr. Lange für die Mitwirkung bei der statistischen Auswertung der Versuchsergebnisse.

Lebenslauf

Am 18. Oktober 1939 wurde ich als Sohn des Industriekaufmanns Clemens Endris und seiner Ehefrau Johanna, geb. Gilbert, in Tokio/Japan geboren.

Von 1946 bis 1951 besuchte ich die Volksschule in Wetzlar.

Am 11. März 1960 erlangte ich das Reifezeugnis an der Pestalozzischule in Idstein.

Anschließend leistete ich vom 4. April 1960 bis 31. März 1961 meinen Pflichtwehrdienst ab.

Am 10. April 1961 immatrikulierte ich mich an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz für das Studienfach Zahnmedizin. Nach fünf vorklinischen Semestern bestand ich am 26. August 1963 die Zahnärztliche Vorprüfung.

Seit Sommersemester 1964 studiere ich in der Naturwissenschaftlichen Fakultät Anthropologie. Am 17. Mai 1965 erhielt ich auch die Zulassung zum Studium der Medizin.

Zur Zeit absolviere ich das vierte klinische Semester im Studienfach Zahnheilkunde.

